రోబోట్స్,
రోబోటిక్స్

లోకోపయోగ విజ్ఞానమాల

రోబోట్స్, రోబోటిక్స్

ఎం.ఆర్. చిదంబర

అనువాదం

ఎం. సూర్యమోహన్‌రావు



నేషనల్ బుక్ ట్రస్ట్, ఇండియా

ISBN 81-237-1909-4

ప్రథమ ముద్రణ 1996 *(శక 1918)*

Robots And Robotics (Telugu)

రూ. 24.00

డైరెక్టర్, నేషనల్ బుక్ ట్రస్ట్, ఇండియా, ఎ-5, గ్రీన్‌పార్క్,

న్యూఢిల్లీ-110 016 ద్వారా ప్రచురించబడినది.

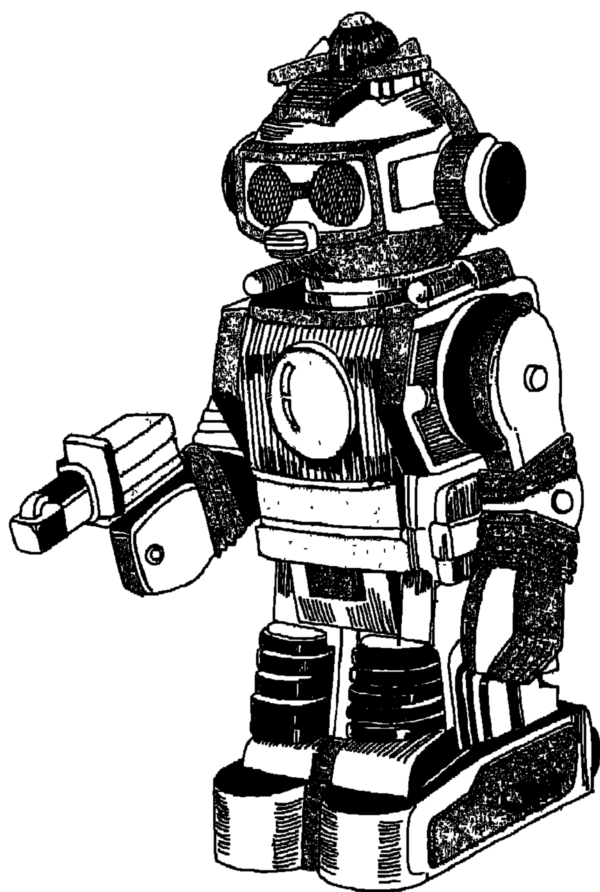
విషయసూచిక

ముందుమాట

'రోబోట్స్, రోబోటిక్స్' అనే ఈ గ్రంధాన్ని వ్రాయమని నన్నడిగిన బెంగుళూరు, ఇండియన్ ఇన్స్టిట్యూట్, ఆఫ్ సైన్సు, ఇంజనీరింగు విభాగం డీనూ, IETE అధ్యక్షులు అయిన ప్రొఫెసర్ బి.యస్. సోండెగార్కి నేనెంతో కృతజ్ఞుడ్ని. నేనూ ఈ గ్రంధరచన కెంతో ఉత్సాహంగా ఉన్నాను. ఇటువంటి గ్రంధాలు రచించేటప్పుడు వీటిలోని విషయాలు గ్రంధకర్త స్వయంగా పరిశోధించి కనిపెట్టినవే కానక్కరలేదు. ఈ విషయం మీద వచ్చిన అనేక శాస్త్రీయ గ్రంధాలలోని విషయాల్ని సేకరించి, క్రోడీకరించి, ఈ గ్రంధం వ్రాసేను. ఆయా గ్రంధాల్ని, వ్యాసాల్ని పేరుపేరునా ఉటంకించడం సాధ్యం కాకపోయినా, వాటివాటి గ్రంధకర్తలకి నేనెంతో ఋణపడి ఉన్నానని చెప్పకతప్పదు. కర్ణాటక రాష్ట్రమంతటా అనేకచోట్ల ఉన్నత పాఠశాల విద్యార్థులకి ఈ విషయం మీద ఉపన్యాసాలిచ్చేను. ఆ సందర్భాలలోనూ, ఆ ఉపన్యాసాల తర్వాత జరిగిన చర్చల్లోనూ, ఆ విద్యార్థులు ఈ విషయంపై ఎంతో ఆసక్తితో ఎన్నో ప్రశ్నలు వేసేరు. ఆయా ప్రశ్నలూ, వారి సందేహాలూ ఈ నా గ్రంధ రచన కెంతో తోడ్పడ్డాయి. ఆ విద్యార్థులందరికీ నా కృతజ్ఞతలు.

బెంగుళూరు
జూలై, 1993

ఎం.ఆర్. చిదంబర



1

పరిచయం

అతి బలవంతులైన మరమనుష్యులూ, భూతాలూ, మన చెప్పుచేతుల్లో ఉండి, బానిసల్లా మన ఆజ్ఞల్ని తూ.చా. తప్పకుండా పాటిస్తూ ఉంటే ఎంతో బాగుంటుందని అతి ప్రాచీనకాలం నుంచీ మానవుడు కలలు కంటూ ఉండేవాడు. "అల్లాదీన్-అద్భుత దీపం" కథ ప్రపంచ ప్రాచుర్యం పొందింది. దీపం మీద రుద్దగానే బ్రహ్మాండమైన భూతం ప్రత్యక్షమై, "నీ బానిసను దొరా! ఏమి ఆజ్ఞ?" అంటూ యజమాని కోరికను క్షణాల్లో నిర్వర్తించేది. అటువంటి బానిసలుంటే బాగానే ఉంటుంది. కాని, అవి దుర్మార్గుల చేతుల్లో పడితే? మహా ప్రమాదంకదూ?

అద్భుత శక్తులు సంపాదించి, ఇటువంటి భూతాల్నీ భేతాళుల్నీ తమ అదుపాజ్ఞల్లో ఉంచుకోగల్గిన రాజకుమారుల, మాంత్రికుల గాధలు మన పురాణాల్లోనూ, సాహిత్యంలోను ఎన్నో ఉన్నాయి. మన భారత భాగవతాలూ, రామాయణమూ ఇటువంటి అద్భుత కార్యాలు చేయగల వీరులను గురించి అనేక కథలు చెబుతాయి. చిన్నికృష్ణుడు ఒక్క వేలిమీద గోవర్ధన పర్వతాన్ని ఎత్తిన కథా, హనుమంతుడు సంజీవనీ పర్వతాన్నే అరచేతిలో పెట్టుకొని హిమాలయం నుంచి లంకవరకు ఎగిరి రావడమూ ఇటువంటి కథలే! భారత రామాయణాల్లోని వీరులు ప్రయోగించిన అనేక శస్త్రాస్త్రాల శక్తులు వర్ణనాతీతం. ఇటువంటి గాధలు ఇతర దేశాల సాహిత్యాల్లోనూ కోకొల్లలు.

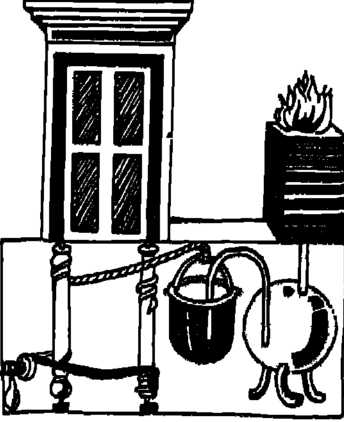
అతి ప్రాచీనకాలం నుంచీ కూడా అద్భుతశక్తులుగల మరమనుష్యుల్లోనూ, భూతాలలోనూ మానవుడెంతో ఆసక్తి కనబరచేవాడు. ప్రాచీన ఈజిప్టు దేశంలోని పురోహితులు మరవిగ్రహాలూ, మరచేతులూ ప్రతిష్ఠించి, రహస్యంగా వాటిద్వారా తామే పనులు చేయించి, ఇదంతా 'దైవమాయ' అంటూ అజ్ఞాన

ప్రజానీకాన్ని నమ్మించి మోసం చేసేవారు; భయభ్రాంతుల్ని చేసేవారు. ఒక దేవత మహావిగ్రహం, నోటినుండి మంటలు క్రక్కుతూ, "మీరు నాకు బలులివ్వకపోతే సర్వనాశనం అవుతారు". అని బెదరిస్తే భయపడని ప్రాచీన మానవుడెవడు? పాదాక్రాంతుడు కాని వాడెవడు?

ప్రాచీన గ్రీకు దేశంలో హెరాన్ అనే ప్రఖ్యాత గణితజ్ఞుడూ, ఇంజనీరూ ఉండేవాడు. ఆయన తన ప్రతిభా విశేషాలతో అనేక యంత్రాలు కనిపెట్టాడు. 'జలయంత్రం' (ఫౌంటెన్) ఆయన కనిపెట్టినదే. ఆవిరితో పనిచేసే యంత్రం కూడా ఆయన కనిపెట్టాడు. ఆయన కనిపెట్టిన రెండు సాధనాలు అతి చాకచక్యంగా ఉపయోగించి, ప్రాచీన ఈజిప్షియన్ పురోహితులు అమాయక ప్రజల్ని విశేషంగా మభ్యపెట్టేరు. 1వ బొమ్మలో ఇటువంటి సాధనం ఒకటి చూడవచ్చు. దేవాలయ సింహ ద్వారం ముందర ఒక పూజావేదిక ఉంటుంది. ఆ వేదిక మీద ధూపం వెలిగిస్తే 'దైవ మాయ' వలన దేవాలయ ద్వారాలు తమంత తామే తెరచుకుంటాయి. ఆ వేదిక అడుగు భాగాన, పైకి కన్పించకుండా, అతి చాకచక్యంగా యంత్రాలమర్చబడి ఉంటాయి. వేదిక మీద ధూపదీపాల వేడికి వేదిక క్రింద ఉన్న గాలి వేడెక్కి, ఆ ఒత్తిడివలన ఒక పాత్రలో ఉన్న నీటిని అదిమి, బయటికి తోసేస్తుంది. ఆ నీరు ఒక జారీ గొమ్ము ద్వారా



బొమ్మ. 1: ఈజిప్టు దేవాలయంలో 'తాంత్రిక శక్తి' వివరించడం. ధూపం వెలిగిస్తే 'దైవమాయ' వలన దేవాలయ తలుపులు తమంతతామే తెరుచుకుంటాయి.



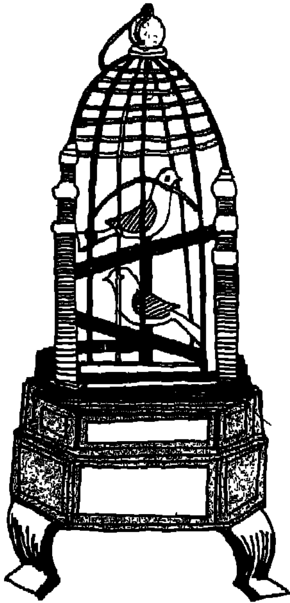
బొమ్మ. 2: దేవాలయ ద్వారాలు తమంతటతాము తెరచుకోవడం.



బొమ్మ. 3: హోమ వేదికలోకి ఆజ్యధారలు పడడం.

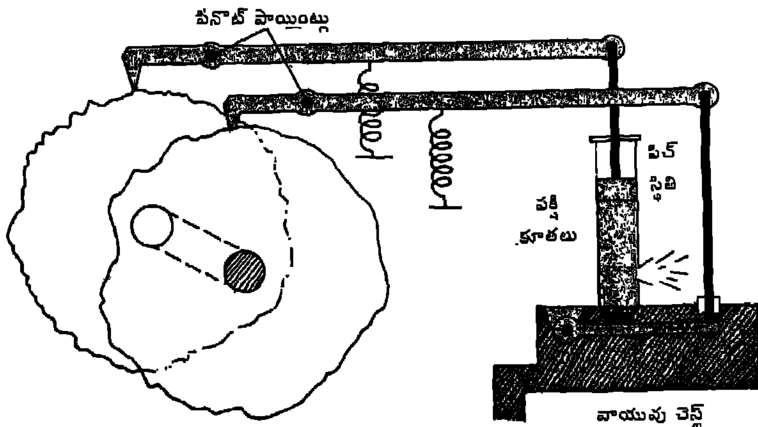
ఒక బక్కెటులో పడుతుంది. ఆ నీటి బరువుకి ఆ బక్కెటు కిందికి జారి, దానికి కట్టి ఉన్న పగ్గాల ద్వారా తలుపుల్ని తెరుస్తుంది (2వ బొమ్మ చూడండి). బయటి ప్రజలకీ వివరాలేమీ కన్పించవు, తెలియవు వారికి తెలిసిందల్లా, తాము భక్తి ప్రపత్తులతో వేదికమీద ధూపం వెలిగించి ప్రార్థనలు చేయగానే, అంతవరకూ మూసుకొని ఉన్న గుడి తలుపులు తమంతతామే తెరచుకోవడం. ఇంత ప్రత్యక్ష ప్రమాణం చూసేక కూడా ఆ పురోహితుల మాటల నమ్మని వాడెవడుంటాడు. దైవ మహిమను శంకించగల నాస్తికు డెవడుంటాడు?

ప్రజల్ని మభ్యపెట్టి, మోసగించి, వారిని తమ చెప్పుచేతుల్లో ఉంచుకునేందుకు ఈజిప్షియన్ పురోహితులు ఉపయోగించిన చిత్రమైన యంత్రం మరొకటి ఉంది. (3వ బొమ్మ చూడండి). ఒక పూజావేదిక మీద రెండు పురోహితుల బొమ్మలు నిలబడి ఉంటాయి. వాటి మధ్యగా ఉన్న హోమకుండం వైపు వాటి చేతులు జాపి ఉంటాయి. ఆ చేతుల్లోంచి ఆజ్యం యజ్ఞకుండంలో పడి మంటలు ఆరిపోకుండా వెలుగుతూ



బొమ్మ 4. ఎ: పాటలుపాడే చిలక

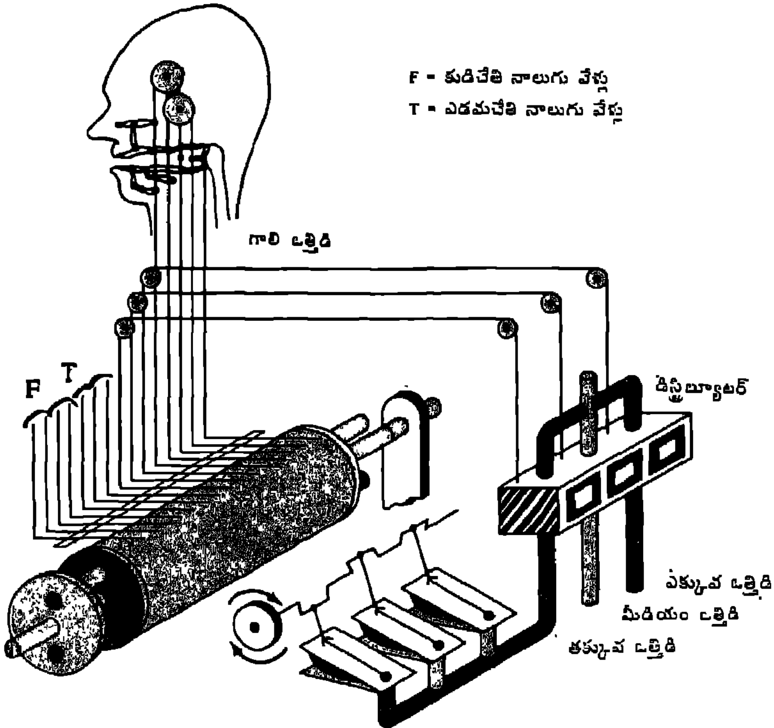
ఉంటాయి. ఒక వేళ, ఏ భక్తుడైనా భారీగా దక్షిణ సమర్పించకపోతే, ఆ మంటల తీవ్రత తగ్గిపోతుంది. ఇంచుమించుగా ఆరేపోతాయి. దానితో, దేవుడ ప్రసన్నుడయేడని భక్తుడు గజగజ వణకిపోతాడు. లెంపలు వేసుకొని, మరింతగా కానుకలు చదివిస్తాడు. ఇక్కడ కూడా, అగ్ని గుండము ఉన్న పీఠంక్రింద ఖాళి ప్రదేశం ఉంటుంది. దానిలో నెయ్యి ఉంటుంది. ఆ నేతిలో నుంచి రెండు గొట్టాలు పీఠంమీద నిలబడి ఉన్న బొమ్మల శరీరంలో నుంచి చేతుల్లోకి వ్యాపించి ఉంటాయి. మంటల వేడికి పీఠంక్రింద గాలి వేడెక్కుతుంది. ఒత్తిడి అధికమౌతుంది. ఆ కారణం చేత నేతిమీద ఒత్తిడి ఎక్కువై, అది ఆ గొట్టాలద్వారా పైకి ఎక్కి ఆ బొమ్మల చేతుల్లోంచి మంటలో పడుతుంది. మంటలు భగభగా మండుతాయి. అగ్నిగుండానికి దిగువన ఒకేవైపున చిన్న



బొమ్మ 4. బి: పక్షి కూతలు పుట్టే విధానం.

రంధ్రం ఉంటుంది. సాధారణంగా, ఒక బిరడా ఆ రంధ్రాన్ని మూసి ఉంచుతుంది. భక్తుడిచ్చిన దక్షిణలు చాలవనుకుంటే, పురోహితుడు గుట్టుగా ఆ బిరడా తీసేస్తాడు. వేదిక క్రింద ఉన్న వేడిగాలి ఆ రంధ్రంగుండా బయటికి పోతుంది. నేతి మీద ఒత్తిడి తగ్గిపోయి, ఆజ్యధార ఆగిపోతుంది. మంటలు తగ్గిపోతాయి.

అద్భుత శక్తులు గల్గిన మరమనుష్యుల మీద, ఇతర జీవులమీద, కీలుగుర్రాల మీద మానవుడికిగల ఆసక్తి అలనాటి ప్రాచీనకాలం నుంచి ఈనాటివరకూ కూడా పెరుగుతూనే ఉంది. 17వ శతాబ్దం నుండీ, రకరకాల యంత్రాలూ, మరజీవులూ యూరపులో రూపొందుతూ వచ్చాయి. చర్చి, గోపురాల మీదా, నగరమధ్యంలోని గడియార స్థంభాల మీదా, పెద్దపెద్ద గడియారాలూ, వాటిమీద మనిషెత్తు బొమ్మలూ అనేకచోట్ల వెలిసేయి. ఆ మనిషిబొమ్మ,

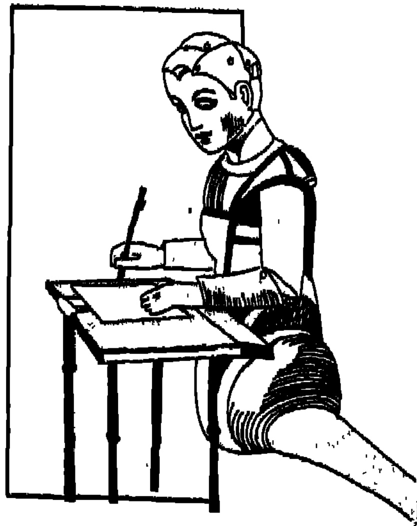


బొమ్మ 5: వేణుగానలోలుడు పనిచేసే విధానం.

గంట గంటకీ కంచుపళ్లెం మీద సుత్తితో గంటలుకొట్టి నగరవాసులందరికీ కాలం తెలియ చేస్తుంది. మరికొన్నిచోట్ల చిలకగడియారాలు వెలిసేయి. గడియారం మీద ఒక పంజరమూ, దానిలో ఒక చిలకా ఉంటాయి. గంటగంటకీ ఆ పంజరం తలుపు తెరచుకొని, చిలక బయటికి తలపెట్టి ఎన్ని గంటలయితే అన్ని మార్లు 'కూ, కూ' అంటూ అహ్లాదకరంగా కూస్తుంది. ఇటువంటి గడియారాలు ఈనాటికీ, మైసూరులోని 'జగన్‌మోహన్' ప్రాసాదంలోనూ, హైద్రాబాదులోని 'సాలార్‌జంగ్' మ్యూజియంలోనూ చూడవచ్చు.

ఈ యంత్రాలు కాలక్రామేణా అనేక విధాలుగా పరిణతి చెందుతూ వచ్చేయి. **1700** సం. ప్రాంతంలో పాటలుపాడే పక్షియంత్ర ఒకటి యూరపులో తయారైంది. ఒక పంజరమూ, దానిలో ఒక అందమైన పక్షీ ఉంటాయి. ఆ పక్షిబొమ్మ నిజం పక్షిలాగే రెక్కలు ఆడిస్తూ, నోరు తెరుస్తూ మూస్తూ రకరకాల కూతలు కూయగలదు. ఈ కూతలు ఎంతో అహ్లాదకరంగా ఉంటాయి. ఈ కదలికలూ, శబ్దాలూ అన్నీ కూడా పంజరంలోపల నిక్షిప్తమై ఉన్న గడియారపు యంత్రంవలన కదిలే చక్రాలూ, గేర్లూ, క్యాములూ (Cams) వలననే జనిస్తాయి (4ఏ, 4బి బొమ్మలు చూడండి).

1738వ సంవత్సరంలో జాక్విడీ వాకానీసన్ అనే ఫ్రెంచి దేశస్తుడు



బొమ్మ 6। వ్రాయసకాడు.

పిల్లనగ్రోవిని వాయించే మరమనిషిని తయారుచేసి పారిస్ నగరంలో ప్రదర్శించాడు. ఈ మరమనిషి పిల్లనగ్రోవిని నోటిదగ్గర పెట్టుకొని గాలి ఊదుతాడు. దాని రంధ్రాలను వేళ్లతో మూస్తూ, తెరుస్తూ, రకరకాల స్వరాలూ, సంగీతమూ పలికిస్తాడు. గాలి ఒత్తిడివలన తిరిగే సంగీతపు పెట్టె ఈ యంత్రం వెనుక ఉన్న రహస్యం (5వ బొమ్మ చూడండి).

1805వ సంవత్సర ప్రాంతంలో, హెన్రీ మైలార్డే అనే ఆయన అద్భుతమైన స్వచాలితయంత్రాన్నొకదాన్ని నిర్మించి, లండన్ నగరంలో ప్రదర్శించాడు. ఇది రకరకాల చిత్రాలు గీయగలదు. అతి క్లిష్టమైన గడియారపు యంత్రాల సాయంతో ఇది పనిచేస్తుంది. 5 నిముషాల్లో ఇది ఒక ఓడ బొమ్మ గీయగలదు. మళ్లీ, ఆషామాషీగా గీయడంలేదు. ఓడలో ఉన్న మూడు రెక్కల వివరాలూ, పోర్టుహోల్సుతో సహా స్పష్టంగా చూపిస్తుందాబొమ్మలో. సామాను గిడ్డంగులూ, ప్రయాణీకుల గదుల వివరాలన్నీ ఉంటాయందులో. ఇంతేనను కున్నారా? ఫ్రెంచిభాషలో చిన్నచిన్న పద్యాలు కూడా వ్రాయగలదిది! ఈ కళాకారుణ్ని 6వ బొమ్మలో చూడండి.

రోబోట్లవంటి రకరకాల యంత్రాలు ఎన్నో శతాబ్దాలుగా ఉన్నప్పటికీ, ఈ 'రోబోట్' అనే పదంమాత్రం 20వ శతాబ్దంలోనే పుట్టింది. అప్పటినుంచే ప్రజల నోళ్లలో నలిగింది. 1921వ సంవత్సరంలో 'కారెల్‌కాపెక్' అనే జెకోస్లొవాకీ నాటకకారుడు R.U.R. అనే నాటకం వ్రాసాడు. "రోసమ్సు యూనివెర్సల్ రోబోట్స్" అని దీని అర్థం. "మానవ నిర్మితమైన మరమనుష్యులు మామూలు మనుష్యులతోపాటుగా కలిసిమెలిసి పనిచేస్తారు. మనిషి సాయం లేకుండా, ఈ 'మరమనుష్యులు' స్వంతంగా ఆలోచిస్తారు; పనులు చేస్తారు. మానవ యజమానులు తమల్ని క్రూరంగా, బానిసల్లా చూస్తున్నారని కోపగించి ఈ మరమనుష్యులు తమ యజమానులపై తిరగబడుతారు. వాళ్లని చావకొట్టి సర్వం ధ్వంసం చేస్తారు." ఇదీ, క్లుప్తంగా ఆ నాటికలోని కథ. చెక్ భాషలో 'రోబోటా' అంటే, బానిస, వెట్టిచాకిరీ చేసేవాడు, అని అర్థం. ఆనాటినుండీ అన్ని రకాల మరమనుష్యులకి ఈ 'రోబోట్' అనే పేరు స్థిరపడిపోయింది.

కాపెక్ కథలోని రోబోట్లు తమని నిర్మించిన మనుష్యుల మీదే తిరగబడి వారిని సర్వనాశనం చేసేయి కనుక, ఇటువంటి మరమనుష్యుల్ని ఎవరు తయారుచేసినా, అవి ఆఖరికి వాటి నిర్మాతల మీద తిరగబడి పొట్టన పెట్టుకుంటాయనే భ్రమ ప్రజల్లో పాతుకుపోయింది.

ప్రఖ్యాత, ఇంగ్లీషు కవి షెల్లీ భార్య, "మేరీ పోలాన్లన్ క్రాఫ్టు షెల్లీ" 1818లో ఒక కథ వ్రాసింది. ఫ్రాంకెన్ స్టైన్ అనే యువ విజ్ఞాని కృత్రిమంగా ఒక జీవిని తయారుచేసి ప్రాణంపోస్తాడు. ఆఖరికి అది అతని మీదే తిరగబడి, అతన్నీ, అతనికుటుంబాన్నీ చంపేసి ఎక్కడికో వెళ్లిపోతుంది. ఆ మరమనిషిని 'ఫ్రాంకెన్ స్టైన్ దయ్యం' అంటారు. రోబోట్లన్నీ ఈ 'ఫ్రాంకెన్ స్టైన్' దయ్యాల్లాగే ప్రవ స్తాయనే భయభ్రాంతులు చాలమందిలో పాతుకుపోయేయి. కోపెక్ కథ ఈ భావనకి పుష్టినిచ్చింది. 1926లో 'లాంగ్' అనే రచయిత "మెట్రో పోలిస్" అనే తన కథలో ఈ "రోబోట్" అనే పదాన్నివాడి, దాన్ని బాగా వాడుకలోకి తెచ్చాడు.

ఈ విధంగా రోబోట్లని గురించిన కల్పనలు 1920వ దశకంలో ప్రారంభమయినా, ఇటువంటి యంత్రాల వైజ్ఞానిక కల్పన, వాటినిర్మాణమూ, మరొక 4 దశాబ్దాల తర్వాతకాని ప్రారంభం కాలేదు.

1960వ దశకంలో ఛార్లెస్ డెవాల్, జోసెఫ్ ఏంజెల్ బెర్గర్ అనే ఇద్దరు అమెరికన్ విజ్ఞానులు ఒక కంప్యూటర్‌చేత నియంత్రించబడే రోబోట్‌ని తయారుచేసి, పారిశ్రామిక రంగంలో అది ఏ విధంగా ఉపయోగపడుతుందో చూపించారు. ప్రజలు దాన్ని ఒక వింత ఆట వస్తువుగా మాత్రమే చూసారు కాని, నిజంగా అది తమ శ్రమశక్తిని పంచుకోగల్గుతుందని నమ్మలేకపోయారు. పైగా, రోబోట్లు అంటే ఒక విధమైన చులకన భావన, అపహాస్యమూ కూడా కనబరచారు. ప్రఖ్యాత సినీ నిర్మాతా, నటుడూ అయిన ఛార్లీ ఛాప్లిన్ నిర్మించిన "మోడర్న్ టైమ్సు" చిత్రంలో ఇదే భావం చూస్తాం మనం. రోబోట్లు చాల పెద్దవిగానూ ఎక్కువ ఖరీదుగానూ ఉండడంవలన అవి అట్టే ప్రాచుర్యంలోకి రాలేదు, చాల సంవత్సరాల దాకా.

మరొక రెండు దశాబ్దాలు గడిచేక 1980వ దశకంలో అతి శక్తివంతమైనవీ, సూక్ష్మమైనవీ మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్సూ, మైక్రోకంప్యూటరూ, తయారయాయి. దానితో, రోబోట్ల సైజూ, పనితనమూ, ఖరీదూ తగ్గిపోయాయి. పరిశ్రమల్లో రోబోట్ల వాడకం హెచ్చింది. "రోబోట్లు మానవ కార్మికుల స్థానాలాక్రమిస్తాయా? రోబోట్ల వాడకంతో నిరుద్యోగ సమస్య పెచ్చు పెరుగుతుందా?" అనే ప్రశ్నలూ తల ఎత్తాయి. ఈ భయాలన్నీ రోబోట్లని సరిగ్గా అర్థం చేసుకోకపోవడం వలన కల్గినవేకాని, నిజంకాదు. పారిశ్రామిక విప్లవపు ప్రారంభదినాల్లోనూ ఇటువంటి భయాలు తల ఎత్తాయి. కంప్యూటర్ల వాడకం విషయంలోనూ

ఇటువంటి భయాలు తల ఎత్తాయి. మనిషి శ్రమను తగ్గించే ఏ కొత్త సాధనం ఆవిష్కారమైనా ఇటువంటి భయాలుండడం సహజం. కాలక్రమేణా, ఈ భయాలన్నీ నిరాధారాలని తేలుతాయి. అలాగే, రోబోట్ల ఆర్థిక సామాజిక ఉపయోగాలను సరిగా అర్థం చేసుకుంటే, అవి అతి చాకచక్యమైన పనుల్లోనూ, కష్టతరమైన, ప్రమాదభూయిష్టమైన పనుల్లోనూ మానవునికి మిత్రులుగానే పనిచేస్తాయని గ్రహించవచ్చు. రోబోట్లు కొందరు శ్రామికుల్ని పనిలోంచి తొలగించవచ్చు. నిజమే! కాని, ప్రమాదకర వాతావరణంలో పనిచేయవలసి వచ్చినపుడూ, అతికష్టమైన పనులు నిర్దుష్టంగా చేయవలసివచ్చినపుడూ, మానవశ్రామికుల్ని తొలగించి, ఆ స్థానంలో రోబోట్లనుపయోగిస్తే ఎవరు అభ్యంతరం చెప్పగల్గుతారు? ఉదాహరణకి: అతివేడిగానూ, అతిచల్లగానూ ఉండే వాతావరణంలో పనిచేయడం; ప్రమాదభరితమైన గనుల్లో పనిచేయడం; దుమ్మూ, ధూళీ, పొగా, విషవాయువులూ ఉన్న వాతావరణంలో పనిచేయడమూ; అణుశక్తి కర్మాగారాల్లో, రేడియో ధార్మిక పదార్థాలతో పనిచేయడం భూమికింద ఉండే మురికి కాలువల్లో పనిచేయడమూ ఇటువంటి చోట్ల మానవ కార్మికుల స్థానే, రోబోట్ కార్మికులని ఉపయోగిస్తే ఎవరు అభ్యంతరం చెపుతారు?

ఒకేపని పదేపదే చేయవలసిన చోట్లా, పైన చెప్పిన ప్రమాదకరమైన పనులు చేయవలసివచ్చినపుడూ, మనుష్యుల బదులు రోబోట్లనుపయోగించడం ఎంతో మేలు. ఈ విధంగా, రోబోట్ల రాకతో నిరుద్యోగులైన శ్రామికులు ఉపయోగకరమైన ఇతర కార్యాలలో సులభంగా నియుక్తులు కావచ్చు. ప్రపంచంలో, ఆకలి, నిరక్షరాస్యత, అనారోగ్యం తాండవమాడుతున్నాయి. ఇల్లు, తిండీ, బట్టా లేక కోట్లకొలది ప్రజలు క్షోభిస్తున్నారు. ఈ బాధలని నిర్మూలించి, సుఖశాంతులతో నిండే నూతన ప్రపంచ నిర్మాణ కార్యంలో, ఈ విధంగా రోబోట్లవలన నిరుద్యోగులైనవారి అవసరం ఎంతో ఉంది. దినదినమూ క్షీణిస్తున్న మన వనరులస్థానే, సాంప్రదాయేతర వనరుల్ని ఉపయోగంలోకి తేవాలి. వాయుకాలుష్యమూ, జలకాలుష్యమూ నిర్మూలించి, ప్రకృతి సంపదను సురక్షితం చేసుకోవాలి. మన పల్లెలూ, పట్నాలూ సుసంపన్నంగా నిర్మించుకోవాలి. సముద్రజల సంపదను మానవ ఉపయోగానికి తెచ్చుకోవాలి. గ్రహాంతరయానాలు చేసి, వాటిమీద మానవ నివాస యోగ్యాలైన కాలనీలు స్థాపించుకోవాలి. ఈ బృహత్కార్యాలన్నిటిలోనూ, మానవుడికి కొత్తకొత్త రోబోట్లు నమ్మకమైన సహచరులుగా పనిచేస్తాయి.

2

రోబోట్స్, రోబోటిక్స్

రోబోట్ అంటే ఏమిటి? ఈ విషయంలో ఒక్కొక్కరికి ఒక్కొక్క అభిప్రాయం ఉండవచ్చు. ప్రాచీన కాలంనుంచీ, ఈనాటివరకూ మనకు తెలిసిన రోబోట్లవంటి యంత్ర సాధనాల్ని పరిశీలిస్తే ఈ భావం దృఢపడుతుంది. అల్లాదీన్ అద్భుతదీపాన్ని పరిశీలిస్తే, దానిలోని భూతం మహాద్భుత శక్తులుగల రోబోట్‌వంటి యంత్రం అనిపిస్తుంది. కాని, అదీ, దాని శక్తులూ నిజంకావు. కథాకల్పన మాత్రమే! ప్రాచీన ఈజిప్టుదేశంలోని పురోహితులు ఏర్పాటు చేసిన బొమ్మలూ, బొమ్మల చేతుల్లోంచి పడే నేతి ధారలూ చూస్తూ ఉంటే, రోబోట్ మానవాకారంలో ఉన్న ఒక యంత్రమనీ, అది గుప్తంగా ఏర్పాటు చేసి ఉన్న చక్రాలూ, మరలూ ద్వారా పనిచేస్తుందనీ తెలుస్తుంది. పంజరంలో పాటలు పాడే పక్షినీ, మానవాకారంలో ఉన్న వేణుగానలోలుణ్ణీ పరిశీలిస్తే రోబోటు గడియారపు చక్రాలు, క్యాములు, గేర్ల ద్వారా పనిచేసే యంత్రమని తెలుస్తుంది. కారెల్ కోపెక్ సృష్టించిన రోబోటు మానవాకారంలో ఉన్న బ్రహ్మరాక్షసి అనిపిస్తుంది. ప్రఖ్యాత అమెరికన్ రచయిత, ఇజాక్ అసిమోవ్ సృష్టించిన రోబోట్లు మానవాకారంలో ఉండి, మానవ సంక్షేమం కోసం శ్రమించే మరమనుష్యులని తెలుస్తుంది. వైజ్ఞానిక కథల్లో (science fiction) మనకి కనిపించే రోబోట్లు, అద్భుతమైన జ్ఞాపకశక్తిని, తెలివితేటలనూ కలిగి మానవాకారంలో ఉన్న యంత్రాలు అని తెలుస్తుంది. ఇళ్లతుడిచే వాక్యూమ్ క్లీనర్లూ, మన ప్రమేయం లేకుండా, తనంతటానే (మన ఆజ్ఞానుసారమే అనుకోండి!) బట్టలు ఉతికి, పిండి, ఆరవేసే వాషింగ్ మెషీన్లూ రోబోట్లే! "ఏ యంత్రమైనా స్వంతంగా, తనకి ఆదేశించిన పనులు చేసుకుపోగల్గితే, దాన్ని రోబోట్ అనవచ్చు!" అంటారు కొందరు.

ఇంతకీ రోబోట్ అంటే? ఈ విషయంలో వేర్వేరు మనుష్యులు వేర్వేరు

అభిప్రాయాలు కల్గి ఉంటే, ఇందులో ఏది నిజమని భావించాలి? పోనీ, నిఘంటువు ఈ విషయంలో ఏమంటుందో చూద్దాం.

"సాధారణంగా మానవులు చేయగల్గే పనులు తాను చేసుకుపోగల్గే స్వచాలిత యంత్రము; లేక మానవ మేధస్సును తలపించే బుద్ధితో స్వయంగా పనులు చేసుకుపోగల్గే యంత్రము" అని రోబోటుకి నిఘంటు నిర్వచనం. ఇక్కడ మీరొక్కటి గమనించి ఉంటారు. ఈ నిర్వచనంలో ఎక్కడా, రోబోటు మానవాకారంలో ఉంటుందనికాని, ఉండాలనికాని చెప్పలేదు. రోబోట్లు మానవులు చేసే పనులు చేస్తాయి. కనక, కథల్లోనూ, సినిమాల్లోనూ, టీవీ కార్యక్రమాల్లోనూ, నాటకీయంగా వాటికి మానవాకారం కల్పించారు. రోబోట్లు తమకి నిర్దేశించిన కార్యాలు సక్రమంగా నిర్వర్తించినంత కాలమూ అవి ఏ ఆకారంలో ఉన్నా ఇబ్బంది లేదు. మానవాకారంలోనే ఉండవలసిన అగత్యమూలేదు.

వివిధ రకాల వస్తువులను ఉత్పత్తి చేసే రకరకాల పరిశ్రమల్లో రోబోట్లు పనిచేస్తాయి. వీటిని "పారిశ్రామిక రోబోట్లు" అంటారు. రకరకాల రోబొట్లని నిర్మించే అనేక అమెరికన్ పారిశ్రామిక సంస్థలు చేరి రోబోట్ ఇన్స్టిట్యూట్ ఆఫ్ అమెరికా (Robot Institute of America) అనే సంస్థగా వెలసింది.

పారిశ్రామిక రోబోట్లని గురించి ఆ సంస్థ నిర్వచనం ఇలా ఉంది.

"వివిధ పదార్థాల్ని యంత్రభాగాల్ని, పనిముట్లనీ ఆయాకార్యాలకి అవసరమైన (పూర్వ నిర్ధారితమైన) కదలికలతో, వేగాలతో ఒకచోటు నుండి మరోచోటకి కదలించి, అనేక రకాలైన కార్యాలను నిర్వర్తించగలిగి, కొత్తకొత్త పనులు చేసేందుకు అవసరమైన విద్యను నేర్చుకోగల్గే క్షమతగల (reprogrammable) యంత్రాన్ని పారిశ్రామిక రోబోట్ అంటారు."

ఈ నిర్వచనంలో ముఖ్యంగా గమనించవలసిన విషయం "కొత్తకొత్త పనులు చేసేందుకు అవసరమైన విద్యను నేర్చుకోగల్గే క్షమతగల" అనేదే. అయితే పారిశ్రామిక రోబోటు ఏదో ఒకేఒక నిశ్చిత కార్యాన్ని మాత్రమే చేయగల్గేదికాదు; అవసరమైతే కొత్త విద్యలు నేర్చుకొని కొత్త పనులు కూడా చేయగలదు. ఇదీ 'రీప్రోగ్రామబుల్' అంటే! ఇటువంటి రోబోట్లను ఉపయోగించే పరిశ్రమల్ని "ఫ్లెక్సిబుల్ మాన్యుఫాక్చరింగ్ సిస్టమ్స్" (FlexibleManufacturingSystems) అంటారు.

రోబోట్ అనే పదాన్ని కారల్ కాపెక్ ప్రపంచ భాషలకిస్తే, అటువంటి రోబోట్ల డిజైనూ, నిర్మాణమూ మొదలైన శాస్త్రీయాంశాల్ని తెలిపే విజ్ఞానశాస్త్ర విభాగానికి "రోబోటిక్స్" అనే పేరుని సృష్టించి, ప్రపంచ వాఙ్మయానికి ఇచ్చిన ఘనత ప్రఖ్యాత అమెరికన్ విజ్ఞానీ, రచయితా ఐజాక్ అసిమోవ్‌కి చెందుతుంది. రోబోట్ల నిర్మాణానికి కావలసిన పదార్థలక్షణ విశేషాలూ, వాటి తయారీ, రోబోట్ల డిజైనూ, వాటి నిర్మాణ పద్ధతులూ, వాటి నిర్మాణానికి అవసరమైన వేర్వేరు భాగాల తయారీ, రోబోట్లని నడిపేందుకు అవసరమైన మోటార్లూ, వాటి నిర్మాణమూ, రోబోట్ల మెదడుగా పనిచేసే కంప్యూటర్ల విశ్లేషణమూ, నిర్మాణమూ మొదలైన సమస్త శాస్త్రీయాంశాల అధ్యయనమూ రోబోటిక్స్ క్రిందకే వస్తుంది. ఇది ఇప్పుడిప్పుడే అభివృద్ధి చెందుతూన్నశాస్త్రం. మెకానికల్ ఇంజినీరింగ్, ఎలక్ట్రానిక్ ఇంజినీరింగ్, కంట్రోల్ సిస్టమ్స్ మొదలైన అనేక విజ్ఞానశాస్త్ర విభాగాలు 'రోబోటిక్స్'లోకి వస్తాయి, ఇవే కాక, ఈ రోబోట్స్ ఏ ఏ రంగాల్లో పనిచేస్తాయో, ఆయాశాస్త్రాల అధ్యయనం కూడా రోబోటిక్స్ క్రిందేవస్తుంది. ఉదాహరణకి: వృక్షశాస్త్రం, ఆరోగ్యశాస్త్రం, మానసికశాస్త్రం, వ్యవసాయశాస్త్రం, ఖనిజశాస్త్రం, అణుశాస్త్రం, స్పేస్ ఇంజినిరింగ్ మొదలైనవి.

రోబోట్లని స్థూలంగా రెండు రకాలుగా విభజింపవచ్చు. ఒక చోటనుండి మరోచోటకి కదిలి పనిచేసేవీ నిశ్చలంగా ఒకేచోట ఉండి పనిచేసేవీ అని. నిశ్చలంగా ఉండే రోబోట్లని పనిచేసేస్థలంలో ఒకబల్లకో, ప్లాట్‌ఫారమ్ మీదో, కదలకుండా బిగించి ఉంచుతారు. 23వ బొమ్మలో ఒక పారిశ్రామిక రోబోట్‌ని చూడవచ్చు. ఒకచోట, కూర్చునో, నిలబడో పనిచేసే మానవ కార్మికుడితో నిశ్చలరోబోట్‌ని పోల్చవచ్చు. రెండవ రకం రోబోట్, ఒకచోట నుంచి మరోచోటకి కదులుతూ, తనకి నిర్దేశించిన పనుల్ని చేస్తుంది. ఇటువంటి వాటికి కాళ్లుకాని, చక్రాలుకాని అమర్చబడి ఉంటాయి. ఇటువంటి రోబోట్‌ని 25వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. ఈ కదిలే రోబోట్లకి మానవాకారం కల్పించవచ్చు. అది పనిచేసేందుకు ఉపయోగపడే అవయవాలూ, దానిలోని అవసరమైన ఇతర భాగాలూ సవ్యంగా ఉన్నంతకాలమూ, అవి సరిగా పనిచేసినంత కాలమూ, ఆ రోబోటు ఆకారం ఎలా ఉన్నా ఇబ్బందిలేదు. మానవాకారమే అక్కరలేదు. జంతు ఆకారంలో ఉండవచ్చు. మరే ఆకారంలో నైనా ఉండవచ్చు. చదును ప్రదేశాల్లో కదిలేందుకు చక్రాలు ఉపయోగించవచ్చు. ఎగుడు

దిగుడుగా ఉన్న ప్రదేశాల్లో పనిచేసేందుకు కాళ్లు పనికివస్తాయి. కాని, అది ఇటూ, అటూ పడిపోకుండా స్థిరంగా ఉండేందుకు, అధమం మూడు చక్రాలు కాని, మూడు కాళ్లు కాని ఉండితీరాలి.

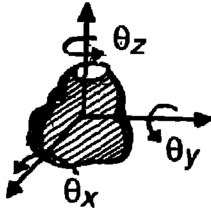
పారిశ్రామిక రోబోట్ల ముఖ్యాంగాలు

రోబోట్ యొక్క ముఖ్యభాగాలూ, అవయవాలూ ఏమిటో చూద్దాం. ఏ పరిశ్రమలో అయినా, సాధారణంగా జరిగే పనులన్నీ ఏదో ఒక కార్మికుని ద్వారానే జరుగుతాయి. ఆ కార్మికుడు ఒకచోట నిలబడో, కూర్చొనో, తన చేతులతో వివిధ కార్యాలు నిర్వర్తిస్తాడు. ఈ కార్యంలో అతనికి కన్నూ, చెవీ, చర్మమూ మొదలైన జ్ఞానేంద్రియాలు ఎంతో సహకరిస్తాయి. ఎముకలూ, కీళ్లూ, కండరాలు కల చేతులూ, అరచేతులూ, చేతి వేళ్లూ వీటన్నిటినీ సరియైన పద్ధతిలో నడిపించే మెదడూ అతనికీ కార్యంలో సహాయ పడతాయి. ఇదే విధంగా, పారిశ్రామిక రోబోట్‌కి కూడా (1) లింకులూ, కీళ్లూ; (2) వాటి చివర వస్తువుల్ని పట్టుకునేందుకు వేళ్లూ; (3) వాటిని నడిపే మోటార్లూ; (4) ఆ మోటార్లకి సరియైన అజ్ఞలు పంపించే కంప్యూటరూ (మెదడు); (5) ఈ మెదడు తనపని సమర్థవంతంగా చేసేందుకు సహాయపడే జ్ఞానేంద్రియాలూ ఉంటాయి. వీటిని ఒక్కొక్క దాన్నే పరిశీలిద్దాం.

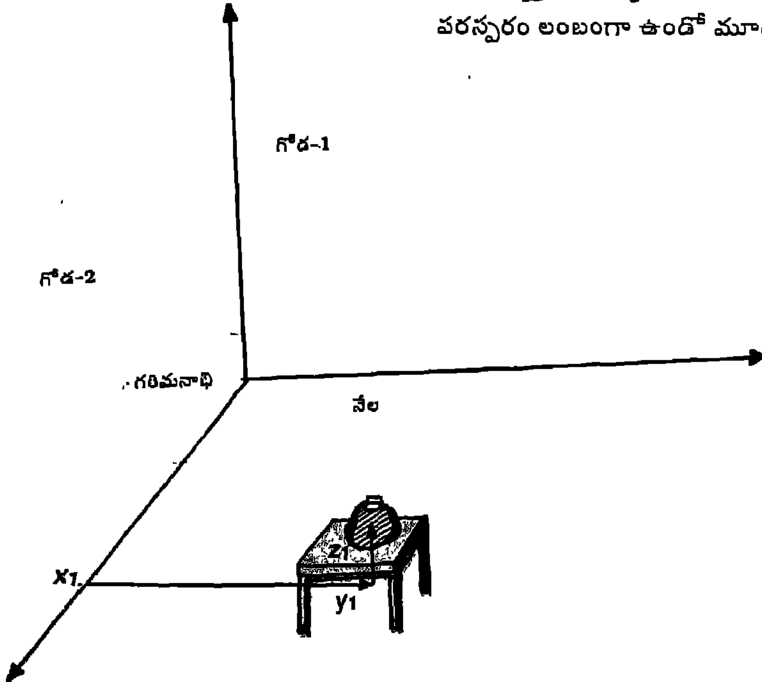
1. మేనిప్యులేటర్

మనచేతికి జబ్బఎముకా, ముంజేతి ఎముకలూ, వాటిని కల్పుతూ, అవి నిర్ణీత దిశల్లో కదిలేందుకు వీలుకల్గించే కీళ్లూ, బందులూ ఉంటాయి. అలాగే, రోబోట్‌కి కూడా, లింకులూ, వాటినికల్పుతూ అవి సరియైన దిశల్లో తిరిగేందుకు వీలుకల్గించే కీళ్లూ ఉంటాయి. ఈ అంగాన్ని 'మేనిప్యులేటర్' (Manipulator) అంటారు. దీన్ని మానవ హస్తంతో పోల్చవచ్చు. 'దీనిలో ఎన్ని లింకులుండాలి? ఎన్ని కీళ్లుండాలి?' అనేది ఆ రోబోట్ చేయవలసిన పనులమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. 'ఆ రోబోట్ హస్తం ఎన్ని వేర్వేరు దిశల్లో, ఎన్ని రకాల కదలికలు కలిగి ఉండాలి?' అనేది ఈ వివరాల్ని నిర్ణయిస్తుంది. ఉదాహరణకి: ఒకే లింకూ, ఒకే కీలూ (Joint) ఉంటే, అది ఒకే దిశలో కదలగల్గుతుంది. ఆ లింకు కదలిక ఋజుమార్గంలో ఉంటే, ఆ దిశలో ఒక సరళ రేఖ మీద ఉన్న కొన్ని బిందువుల్ని మాత్రమే ఆ రోబోట్ హస్తం చేరగల్గుతుంది. 'ఆ సరళ రేఖ మీద ఎంత దూరంలోగల బిందువుల్ని చేరగలదు?' అనేది ఆ మేనిప్యులేటర్

లింకుయొక్క పొడవు మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. మన. జబ్బ ఎముక తిరిగినట్లుగా ఆ లింకు వర్తులాకారంగా తిరగ గల్గితే, ఆ లింకు చివరిభాగం ఒక వర్తుల పరిధి మీది బిందువుల్ని చేరగల్గుతుంది. రెండు లింకులూ, రెండు కీళ్లూ ఉండి, ఆ రెండూ రెండు పరస్పర లంబ దిశల్లో కదలగలిగితే, ఆ మేనిప్యులేటరు ఒక చతురస్రంలోని ప్రతి బిందువునీ చేరగల్గుతుంది. ఈ విధంగా ఒకేసారి వేర్వేరు దిశల్లో జరిగే కదలికల సంఖ్యని "ఐచ్ఛిక చలన సంఖ్య" (Degrees of freedom) అంటారు. ఒక స్థానంలో ఉన్న ఒక ఘనపదార్థాన్ని చేరేందుకు ఎన్ని ఐచ్ఛిక చలనాలుండాలో చూద్దాం.



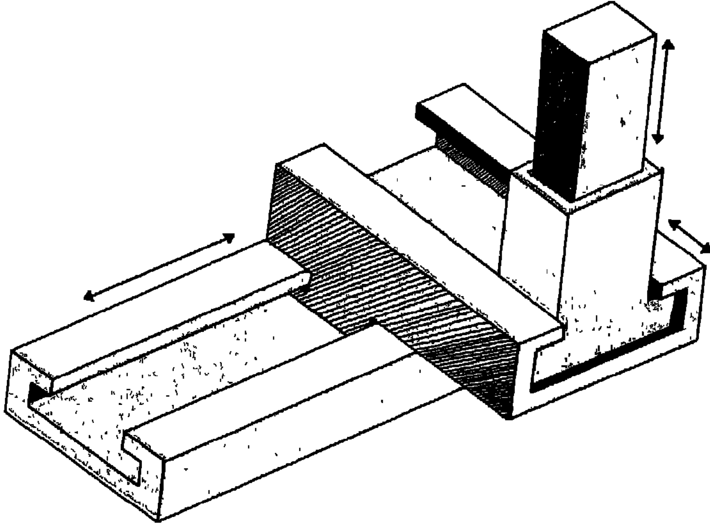
ఆ వస్తువు యొక్క గరిమనాభిని, పరస్పరం లంబంగా ఉండే మూడు



బొమ్మ 7: వస్తువుయొక్క స్థల, వైఖరి నిర్దేశాలను సూచించేందుకు ఆరురకాల ఐచ్ఛిక చలనాలు అవసరం.

అక్షాల వెంబడి దూరాల ద్వారా నిర్ణయించవచ్చు. ఈ మూడు దూరాల్నీ ఆ గరిమనాభి యొక్క కో-ఆర్డినేట్లు (Co-ordinates) అంటారు. ఆ వస్తువు ఆ ప్రదేశంలో ఒక నిర్దిష్ట పద్ధతిలో నిలబడి ఉండవచ్చు. అది x, y, z అక్షాల వెంబడి తిరుగుతూ ఉండవచ్చు. ఆ వస్తువున్న స్థలాన్ని చేరేందుకు మూడు ఐచ్ఛిక చలనాలూ; (మూడు కో-ఆర్డినేట్సు వెంబడి జరిగేందుకు) ఆ స్థలంలో ఆ వస్తువు నిలబడ్డ తీరునిబట్టి, మూడు అక్షాల వెంబడి తిరగగల్గే మూడు వర్తులాకార చలనాలు కలిపి, మొత్తం ఆరు ఐచ్ఛిక చలనాలు అవసరం. అప్పుడే మేనిప్యులేటరు ఆ స్థలాన్ని చేరి, ఆ వస్తువుని పట్టుకోగల్గుతుంది. ఉదాహరణకి: ఒక గదిలో బల్లమీద ఒక వస్తువు ఉందనుకోండి (7వ బొమ్మ చూడండి). ఆ గది ఒక మూలని కో-ఆర్డినేట్ల కేంద్రంగా (origin) భావిద్దాం. బల్లమీద ఉన్న వస్తువు గరిమనాభిని చేరాలంటే పరస్పరం లంబంగా ఉండే మూడు అక్షాల వెంబడి (ఒక గోడ అంచు వెంబడి x-అక్షం; రెండో గోడ అంచు వెంబడి y-అక్షం; ఈ రెండు గోడలు కలిసిన అంచు వెంబడి z-అక్షం) కదలాలి. అయితే, బల్లమీద ఆ వస్తువు నిలబడ్డ వైఖరిని మూడు అక్షాల చుట్టూ తిరిగే మూడు వర్తుల పరిధులు నిర్ణయిస్తాయి. ఈ విధంగా ఆ వస్తువు యొక్క స్థల, వైఖరి నిర్దేశాలను సూచించేందుకు ఆరురకాల ఐచ్ఛిక చలనాలు అవసరం. ఈ ఆరు చలనాలూ ఒక దానిమీద ఒకటి ఆధారపడకుండా, స్వతంత్రంగా ఉండాలి.

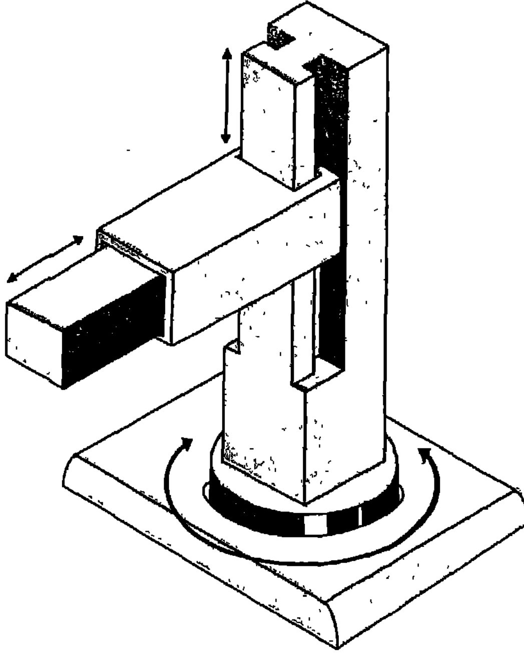
సాధారణమైన పారిశ్రామిక రోబోట్‌కి ఆరురకాల ఐచ్ఛిక చలనాలుండి తీరాలి. అప్పుడే అది తనకి అందుబాటులో ఉన్న ఏ ఘనపదార్థాన్నైనా ఖచ్చితంగా చేరగలదు; పట్టుకోగలదు. అందుచేత దానికి ఆరు లింకులూ, ఆరు కీళ్లూ ఉండాలి. దాని లింకుల పొడవులు 'అది ఎంత పరిమాణమున్న స్థలంలోని వస్తువుల్ని అందుకోగల్గాలి?' అనే దానిమీద ఆధారపడి ఉంటాయి. మనిషి చేతికి కూడా ఆరు విధాల ఐచ్ఛిక చలనాలున్నాయి. భుజం దగ్గర ఉండే కీలు రెండు రకాల చలనాల్నీ, మోచేయి కీలు ఒక చలనాన్నీ, మణికట్టు కీలు (wrist) మూడురకాల చలనాల్నీ కలిగి ఉన్నాయి. అందుచేతనే తన కందుబాటులో ఉన్న ప్రదేశంలో ఉండే ఏ వస్తువునైనా మానవ హస్తం చేరగలదు; పట్టుకోగలదు. మానవ హస్తపు కీళ్లన్నీ వర్తుల చలనాలు కల్గి ఉన్నవే. ఇటువంటి కీళ్లని రివొల్యూట్ జాయింట్సు (Revolute joints) అంటారు. పారిశ్రామిక రోబోట్‌కి ఉండే కీళ్లు వర్తులాకారంలో తిరిగేవయినా కావచ్చు; ఋజు రేఖా మార్గంలో కదిలేవయినా కావచ్చు. ఋజుమార్గంలో కదిలే కీళ్లని ప్రిజ్మాటిక్ జాయింట్లు (Prismatic joints) అంటారు.



బొమ్మ 8: కార్టీజియన్ రోబోట్ మేనిప్యులేటరు.

ఒక స్థలంలో ఉండే వస్తువుని చేరేందుకు మూడు ఋజురేఖా చలనాలుకాని; మూడు వర్తుల చలనాలుకాని (ఈ మూడు పరస్పరం లంబంగా ఉండే అక్షాల వెంబడి తిరిగేవయి ఉండాలి), లేదా ఈ రెండింటి కలయికగల మూడు ఐచ్ఛిక చలనాలుకాని సరిపడతాయి. కాని, ఆ చోటు చేరాక, అక్కడ ఆ వస్తువు నిలబడ్డ వైఖరినిబట్టి, దాన్ని ఖచ్చితంగా పట్టుకునేందుకు స్వతంత్రమైన మూడు వర్తుల చలనాలు ఉండితీరాలి. మూడు ఋజుచలనాల వలనకాని, మూడు ఋజు-వర్తుల చలనాలవలన కాని ఇది సాధ్యపడదు. అందుచేత, పారిశ్రామిక రోబోట్‌కి అవసరమైన ఆరు ఐచ్ఛిక చలనాల్లో, ఆఖరి మూడు వర్తుల చలనాలు; అయితీరాలి; మొదటి మూడు ఋజురేఖా చలనాలుకావచ్చు; వర్తుల చలనాలు కావచ్చు; ఈ రెండింటి కలయికా కావచ్చు. మొదటి మూడు చలనాల రకాల్నిబట్టి రోబోట్ హస్తాన్ని వేర్వేరు రకాలుగా విభజించారు.

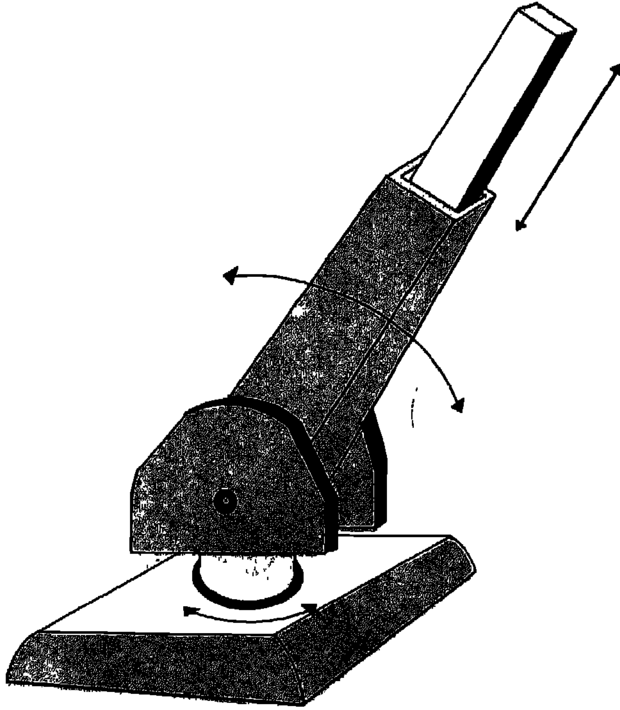
కార్టీజియన్ రోబోట్ మేనిప్యులేటరు : దీని ఆరు కీళ్లలోనూ, మూడు ఋజుమార్గ చలనాలూ, మూడు వర్తుల చలనాలూ కల్గి ఉంటాయి. ఋజుమార్గ చలనాలు మూడు, పరస్పరం లంబంగా ఉండే మూడు దిశల్లో ఉంటాయి. వీటిని 8వ



బొమ్మ 9: సిలింద్రికల్ రొబోట్ మేనిప్యులేటరు.

బొమ్మలో చూడవచ్చు. ఈ విధమైన మేనిప్యులేటర్ యొక్క కార్యస్థలం (work space) చిన్నదిగా ఉంటుంది. అంటే, అది చేరగల్గే బిందువులన్నీ దానికి దగ్గరగానే ఉంటాయి. కార్టీసియన్ మేనిప్యులేటర్లు చాల దృఢంగానూ, స్థిరంగానూ ఉంటాయి. అవితమ కార్యస్థాన బిందువుల్ని చాల ఖచ్చితంగానూ, సరిగానూ అందుకోగల్గుతాయి. అందుచేత, కార్యస్థాన బిందువుల్ని అతి ఖచ్చితంగా అందుకోవలసిన చోట్ల ఇటువంటి రోబోట్ హస్తాల్ని ఉపయోగిస్తారు.

సిలిండికల్ రోబోట్ మేనిప్యులేటరు : దీనిలోని మొదటి మూడు కీళ్లలోనూ, రెండు ఋజుమార్గ చలనాన్నీ, ఒకటి వర్తుల చలనాన్నీ కలుగజేస్తాయి. మిగతా మూడూ వర్తుల చలనాలే అని చెప్పనక్కర లేదు! మొదటి మూడు కీళ్లూ ఎలా పనిచేస్తాయో 9వ బొమ్మలో చూపించబడింది. ఈ రోబోట్ కార్యస్థానం కార్టీజియన్ రోబోట్ కార్యస్థానం కంటె పెద్దది. అంటే, ఇది ఎక్కువ దూరాల్లో ఉన్న బిందువుల్ని కూడా చేరగల్గుతుంది. ఒక స్థానంలో ఉన్న వస్తువుని

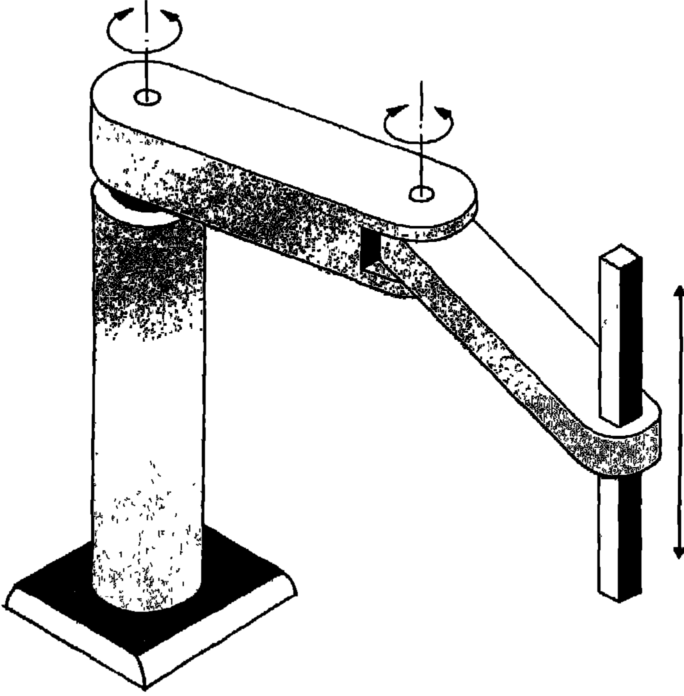


బొమ్మ 10: గోళాకార రోబోట్ మేనిప్యులేటరు.

అందుకొని మరొక నిర్దిత స్థానంలో ఉంచవలసి వచ్చే పరిస్థితుల్లో ఇటువంటి సిలిండ్రికల్ మేనిప్యులేటర్లు చాల ఉపయోగకరం. కాని, ఇది కార్టీజియన్ మేనిప్యులేటర్ అంత దృఢంగానూ, స్థిరంగానూ ఉండదు.

గోళాకార రోబోట్ మేనిప్యులేటరు : దీని మొదటి మూడు కీళ్లలోనూ ఒక్కటి మాత్రం ఋజుచలనాన్నీ మిగిలిన రెండూ వర్తుల చలనాన్నీ కలిగి ఉంటాయి. చివరి మూడు తప్పనిసరిగా వర్తుల చలనాలే! దీన్ని 10వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. దీని కార్యస్థానం మిగతా రెండింటి కార్యస్థానాల కంటే పెద్దది. అంటే, ఇది ఇంకా దూరాల్లో ఉన్న బిందువుల్ని చేరగల్గుతుంది. కాని, దృఢత్వంలో ఇది మిగిలిన రెండింటికీ తీసికట్టే!

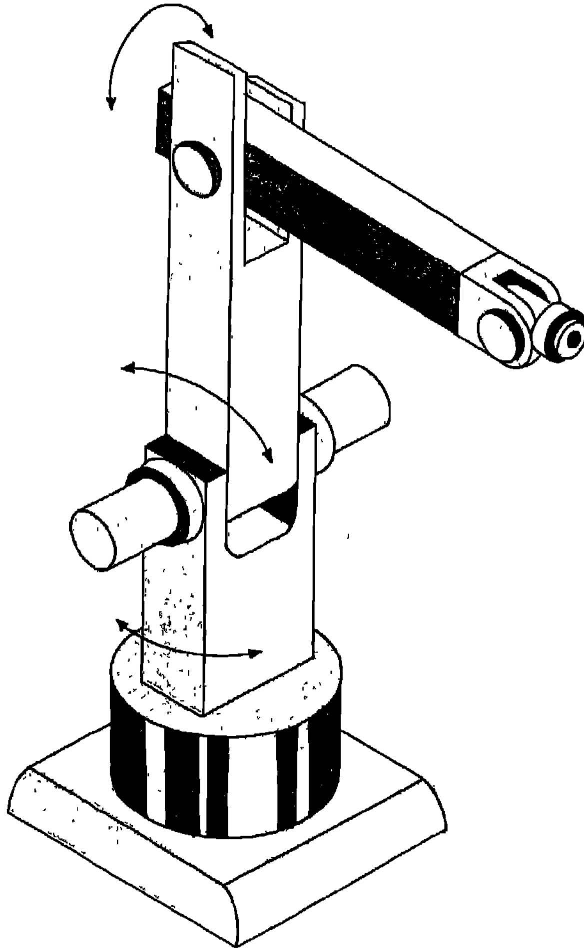
హారిజాంటల్ ఆర్టిక్యులేటెడ్ రోబోట్ : ఈ రకం రోబోట్ మేనిప్యులేటర్‌కి



బొమ్మ 11: హారిజాంటల్ ఆర్టిక్యులేటెడ్ రోబోట్ మేనిప్యులేటరు.

రెండువర్తుల చలనాలూ, ఒక ఋజుమార్గ చలనమూ అనుమతించే కీళ్లుంటాయి. మిగతా అన్నిరకాల లాగే, ఆఖరి మూడు చలనాలూ వర్తులచలనాలే. దీనిని 11వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. ఈ రకం రోబోట్ కార్యస్థానం గోళాకార రోబోట్ దానికంటే చిన్నదిగానూ, కార్టీజియన్, సిలిండ్రికల్ రోబోట్ల కార్యస్థానాల కంటే పెద్దదిగానూ ఉంటుంది. కొన్ని పరిశ్రమల్లో వేర్వేరు చిన్నచిన్న విడిభాగాలను జోడించి పెద్దభాగాలు తయారు చేయవలసి ఉంటుంది. అటువంటి అసెంబ్లీ లైన్స్ (assembly lines)లో . ఈ రోబోట్ బాగా ఉపయోగిస్తుంది.

వర్టికల్ ఆర్టిక్యులేటెడ్ రోబోట్ : మిగతా అన్నిరకాల్లోనూ ఉన్నట్లుగా ఆఖరి మూడు చలనాలు మాత్రమేకాక, మొదటి మూడూ కూడా దీనిలో వర్తుల చలనాలే! ఇది మానవ హస్తాన్ని పోలి ఉంటుందివిషయంలో. (మానవ

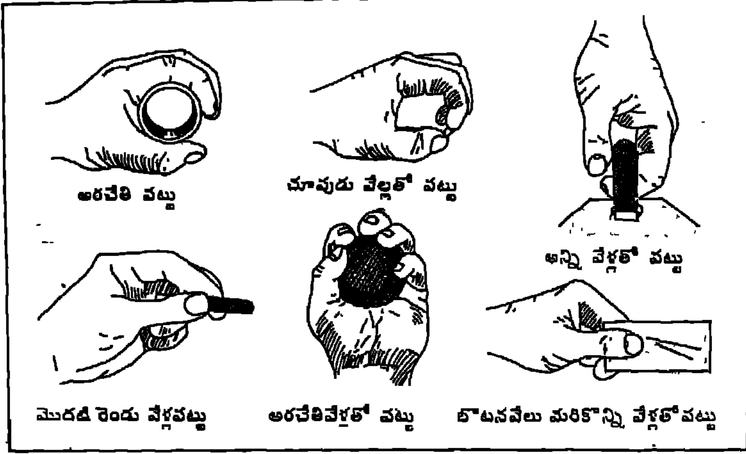


బొమ్మ 12: వర్టికల్ ఆర్టిక్యులేటెడ్ రోబోట్ మేనిప్యులేటరు

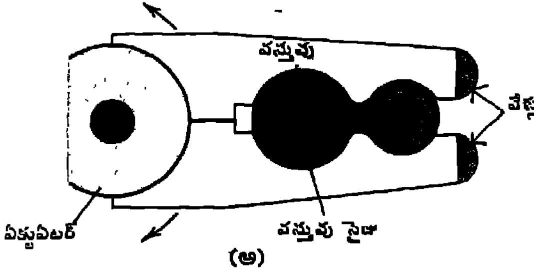
హస్తంలో అన్ని కీళ్లూ వర్తుల చలనానికి అనువైనవే) అన్ని రకాల రోబోట్లలోకీ, ఇదే విశేషంగా వాడబడుతుంది (12వ బొమ్మ).

2. *ఎండ్ఎఫెక్టర్*

రోబోట్ యొక్క రెండవ ముఖ్యభాగం ఇది. మనిషి చేతికి చివర అరచేయీ, వేళ్లూ ఉంటాయి. అవి చాల ముఖ్యభాగాలు. వీటిసహాయంతోనే మనం ఏదైనా

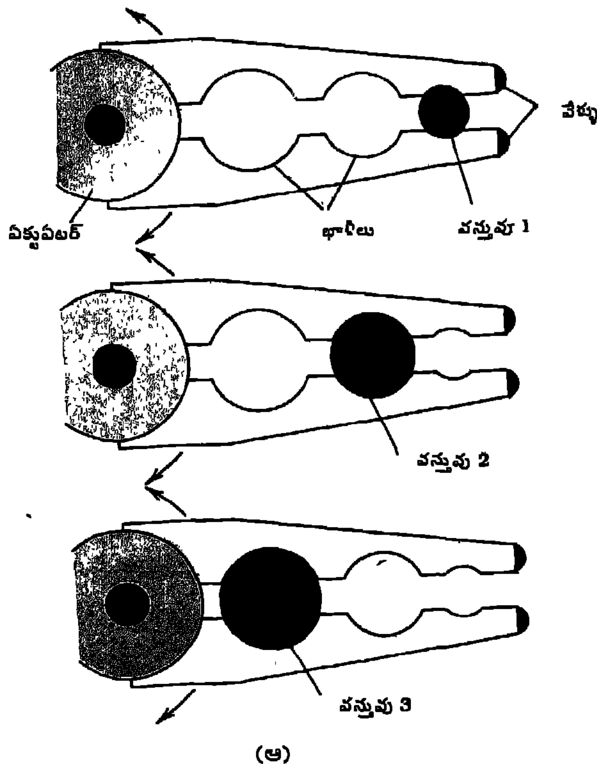


బొమ్మ 13: రకరకాల చేతిపట్టు.



బొమ్మ 14: వస్తువుల ఆకారంలో ఖాళీలున్న వేళ్లు.

వస్తువును పట్టుకోగలం; నొక్కగలం; తిప్పగలం. ఇలా అనేకం పనులు చేసేందుకు ఈ అరచేయీ, వేళ్లూ అతిముఖ్యం. అలాగే, రోబోట్ మేనిప్యులేటర్‌కి చివర కూడా, ఇటువంటి సాధనం ఉండితీరాలి. దాన్ని 'ఎండ్ఎఫెక్టర్' (Endeffector) అంటారు. అది మన అర చేతిని, వేళ్లని పోలి ఉంటుంది. ఇవి చేయగల్గిన పనులు చేస్తుంది. మన చేయి ఒక వైపు, భుజందగ్గర మిగతా దేహానికి అతకబడి ఉంటుంది. దాని రెండో చివర అరచేయీ, వేళ్లూ ఉంటాయి. అలాగే, రోబోట్ మేనిప్యులేటర్ కూడా ఒకవైపు స్థిరంగా ఉండే ఆధార పీఠానికి

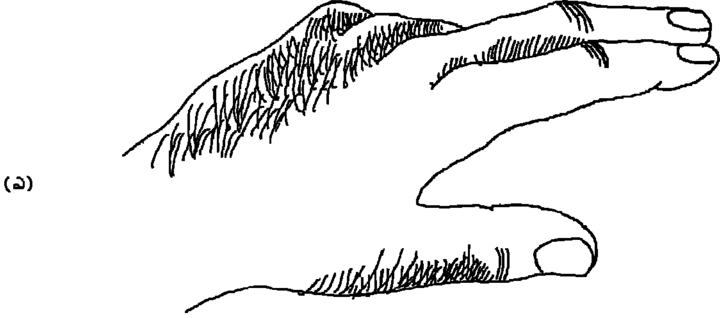


(అ)

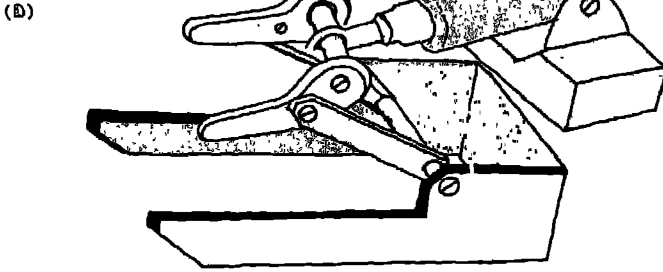
బొమ్మ 15. వేర్వేరు రకాల ఖాళీలున్న గ్రిప్పర్లు.

అతకబడి ఉంటుంది. దాని రెండవ చివర ఎండ్ ఎఫెక్టర్ ఉంటుంది. ఇది సాధ్యమైనంత వరకూ మన అరచేయీ, వేళ్లూ చేయగల్గే పనులన్నీ చేయగలిగి ఉండాలి. విజ్ఞానశాస్త్రం ఎంత అభివృద్ధి చెందినా, రోబోట్ యొక్క ఒకే ఒక ఎండ్ఎఫెక్టరు మానవుడి చేతివేళ్లు చేయగల్గే పనులన్నీ చేయలేదు. మన చేతివేళ్లు సాధించగల కొన్ని పట్లు 13వ బొమ్మలో చూడవచ్చు మనం మంచినీళ్ల గ్లాసుని కాని, ఇనప పైపునిగాని అరచేతికీ, వేళ్లకీ మధ్య ఉంచి పట్టుకుంటాం. సూదినికాని చిన్న పూసల్నికాని, చూపుడు వేలికీ, బొటన వేలుకీ మధ్య ఉంచి పట్టుకుంటాం. సూటు కేసుల్నీ, బ్రీఫ్ కేసుల్నీ అన్నివేళ్లూ ఉపయోగించి పట్టుకుంటాం. పెన్సిలూ, సుద్దముక్కా మొదటి మూడు

(ఎ)

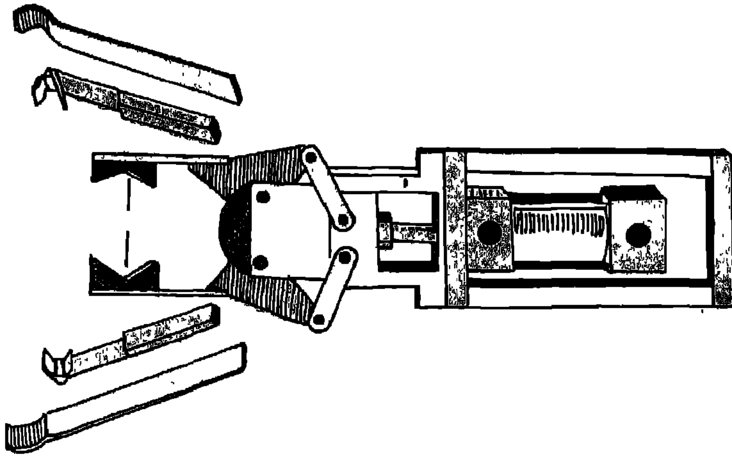


(బి)



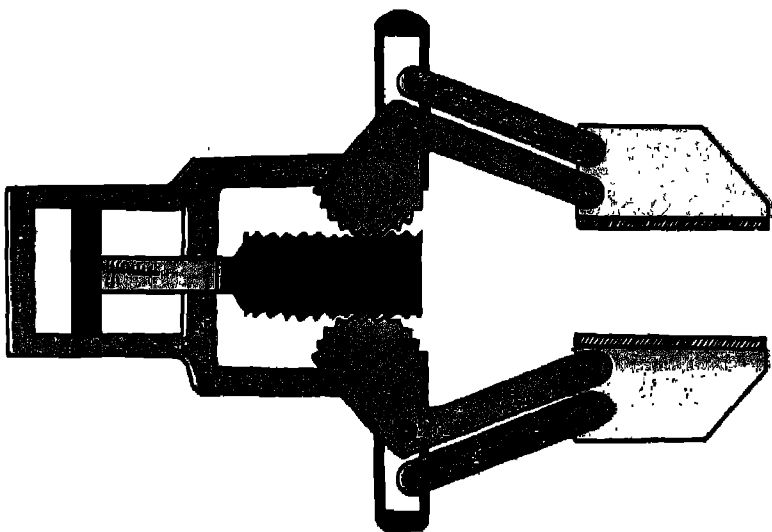
బొమ్మ 16. ఎ: మనిషి వేళ్ల పట్టు. బి. టర్బైన్ బ్లేడ్లని పట్టుకొనే గ్రిప్పరు.

వేళ్లతోనూ పట్టుకుంటాం. క్రికెట్‌బాల్‌ని అరచేతికీ వేళ్లకీ మధ్య పట్టుకుంటాం. విజిటింగ్ కార్డుని బొటన వేలుకీ, మరో రెండు మూడు వేళ్లకీ మధ్య పట్టుకుంటాం. ఈ అన్నిరకాల పట్లల్లోనూ, వేళ్లనికాని, వేళ్లనీ అరచేతినీ కల్పికాని ఉపయోగిస్తాం. కాని, ఈ పట్లన్నిటిలోనూ, మనం ఉపయోగించే బలంలో ఎంతో తేడా ఉంటుంది. రోబోట్ యొక్క ఎండ్-ఎఫెక్టర్ కూడా, కొంత వరకైనా ఇటువంటి పనులన్నీ చేయవలసి ఉంటుంది. కాని, ఒకే ఒక ఎండ్ ఎఫెక్టరు ఈ పనులన్నీ సమర్థవంతంగా చేయలేదు. అందుచేత, వేర్వేరు పనులకే వేర్వేరు ఎండ్ ఎఫెక్టర్లని ఉపయోగించవలసి వస్తుంది. 14వ బొమ్మలో చూపిన ఎండ్ ఎఫెక్టరు కొంతవరకూ మనచేతిని పోలి ఉంటుంది.



బొమ్మ 17: రకరకాల జతల వేళ్లున్న గ్రిప్పరు.

అది పట్టుకోవలసిన వస్తువు యొక్క సైజులో, ఆకారంలో దాని మధ్య ఖాళీ లుంటాయి. ఆ ఖాళీ స్థలంలో ఆ వస్తువు నుంచి గట్టిగా పట్టుకోగల్గుతుంది. రోబోటు. 15వ బొమ్మలో ఇటువంటివే మరికొన్ని సాధనాలు చూడవచ్చు. 16(ఎ) బొమ్మలో చూపినట్లు మూడు వేళ్లతో కొన్ని వస్తువుల్ని పట్టుకుంటాం. ఇటువంటి పట్టుకు వీలు అయే ఎండ్ఎఫెక్టర్‌ని 16(బి) లో చూడవచ్చు. టర్బైన్ బ్లేడ్లు మొదలైనవాటిని గట్టిగా పట్టుకునేందుకు ఇటువంటిది ఉపయోగపడుతుంది. మన చేతికి ఉన్న ఐదు వేళ్లనీ రకరకాలుగా ఉపయోగించి అనేక రకాల వస్తువుల్ని పట్టుకోగలం. రోబోట్ ఎండ్ఎఫెక్టర్‌కి చివర ఉన్న వేళ్లు ఈ పనులన్నీ చేయలేవు. ఒక్కొక్క పనికి ఒక్కొక్క రకం వేలుని ఉపయోగించాలి. అందుచేత, రకరకాల పట్లకి పనికివచ్చే వేర్వేరు వేళ్లని తయారుచేసి, ఏపనికి అవసరం అయిన దానిని ఆ పనికి ఉపయోగిస్తుంటారు. ఇటువంటి రకరకాల వేళ్లని 17వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. సమాంతరమైన అంచులుగల ఇటుకవంటి వస్తువుని పట్టుకునేందుకు సమానాంతరమైన అంచులుగల గ్రిప్పర్‌ని (18వ బొమ్మ) ఉపయోగిస్తాం. 17వ బొమ్మలో చూపిన వేర్వేరు గ్రిప్పర్లు వేర్వేరు పనులకి ఉపయోగపడతాయి. ఒక పని అయేక, మరొక రకం పని చేయాలంటే ఈ గ్రిప్పర్‌ని తీసివేసి, ఆ స్థానంలో మరొక గ్రిప్పర్‌ని అమర్చాలి. దీనికి కొంత కాలహరణం కాక మానదు. ఇలా కాలం వృథా కాకుండా, రకరకాల పనులు



బొమ్మ 18: ర్యాక్ మరియు పినియన్ గ్రిప్పరు.

వెంటవెంటనే చేయాలంటే, రోబోట్ ఎండఎఫెక్టర్‌కి వేర్వేరు గ్రిప్పర్లని అతికించి ఉంచుతారు. ఒక పని అయ్యేక, ఎండ్ఎఫెక్టర్ కొద్దిగా తిరిగి మరొక గ్రిప్పర్‌ని వెనుకటిదాని స్థానంలోకి తీసుకువస్తుంది. పని త్వరత్వరగా జరుగుతుంది.

రోబోట్ యొక్క ఎండ్ఎఫెక్టరు ఒక వస్తువుని పట్టుకొని మరోచోటికి తీసుకు వెళ్లేదికావచ్చు; స్ప్రే పెయింటింగ్ గన్‌కావచ్చు; వెల్డింగ్ గన్‌కావచ్చు. వాక్యూం క్లీనరు కావచ్చు. ఈ విధంగా ఎండ్ఎఫెక్టరు అనేక రూపాల్లో ఉండవచ్చు. వేర్వేరు పనులు చేసేదిగా ఉండవచ్చు. జరగవలసిన పనికి అనుగుణంగా ఇంజినీరు ఎండ్ఎఫెక్టరు యొక్క రూపకల్పన చేస్తాడు.

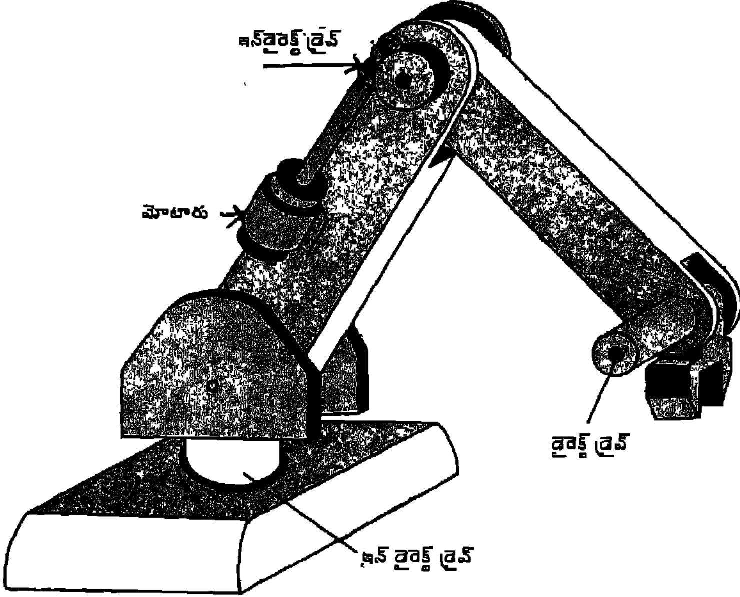
3. రోబోట్ యొక్క మూడవ ముఖ్యభాగం

మనం మన చేతులూ, వేళ్లూ కదపాలంటే, అటూ ఇటూ వంచాలంటే ఏదైనా వస్తువుని గట్టిగా పట్టుకోవాలంటే, ఆయాభాగాల్ని కదిపేందుకూ, వంచేందుకూ శక్తి అవసరం. ఆ శక్తిని మన కండరాలు సమకూరుస్తాయి. కండరాల్ని బిగించడం, వదులు చేయడంవలన అవసరమైన శక్తి లభిస్తుంది. అలాగే, రోబోట్ తన మేనిప్యులేటర్‌నీ, ఎండ్ఎఫెక్టర్‌నీ కదపాలంటే శక్తి కావాలికదా?

ఈ శక్తిని మోటార్లు సమకూరుస్తాయి. మోటారుకారు నడవాలంటే శక్తి కావాలి. పెట్రోలూ, గాలీ కలిసిన మిశ్రమం ఇంజనులో మండడంవలన ఈ శక్తి లభిస్తుంది. మన ఇళ్లలోని పంఖాలు తిరగాలంటే? దానిలో అమర్చిన విద్యుత్ మోటారు అవసరమైన శక్తి నిస్తుంది. జలవిద్యుత్ కేంద్రాలలోని జనరేటరు నడవాలంటే? పైనుంచి పడుతున్న నీటి ధారవలన తిరిగే టర్బైన్లు ఈ శక్తి నిస్తాయి. గాలిమరలు పిండి విసరాలంటే? వేగంగా వీచేగాలి శక్తి పంఖా చక్రాన్ని తిప్పుతుంది. అది పిండిమర తిప్పుతుంది.

రోబోట్లని నడిపే మోటార్లు మూడు రకాలు. ఒకటి; విద్యుత్ మోటారు; రెండు; హైడ్రాలిక్ మోటారు. ఇది ఒక సిలిండర్‌లో ద్రవం మీద కలుగచేసిన ఒత్తిడివలన నడుస్తుంది. మూడు; న్యూమేటిక్ మోటారు. ఇది గాలి ఒత్తిడివలన నడుస్తుంది. మానవహస్తంలోని కీళ్లన్నీ వర్తుల చలనాన్ని మాత్రమే కలిగి ఉంటాయి. కాని, రోబోట్‌లోని లింకులూ కీళ్లూ వర్తులాకారంలో నయినా కదుల్తాయి; ఋజుమార్గంలో నైనా కదుల్తాయి. విద్యుత్ మోటారు వర్తుల చలనాన్ని మాత్రమే కలుగచేస్తుంది. అవసరం అయితే, మరమేకు (Screw) నుపయోగించి దీన్ని ఋజుచలనంగా మార్చవచ్చు. స్క్రూ తలని గుండ్రంగా తిప్పితే, ఆ స్క్రూ చివరిభాగం ముందుకో వెనక్కో ఋజుమార్గంలో కదులుతుంది. (రైలు ఇంజనులోని పిస్టను ముందుకీ, వెనక్కీకదిలితే, రైలుచక్రాలు గుండ్రంగా తిరగటం లేదూ? సాధారణంగా మోటార్లు చాల వేగంగా తిరుగుతాయి. ప్రతి నిముషానికీ అనేక వందల చుట్లు తిరుగుతాయి. ఈ చుట్ల సంఖ్యని R.P.M (Revolutions Per Minute) అంటారు. ఆ వేగాన్ని గేర్లద్వారా బాగా తగ్గిం రోబోట్ హస్తాన్ని నడుపుతారు.

ఈ విధంగా రోబోట్లకి కావలసిన చలనాన్ని కలుగచేసే మోటారు సాధనాల్ని డ్రైవ్ యూనిట్లు (Drive units) అంటారు. చలనశక్తి నిచ్చే మోటార్ల రకాన్నిబట్టి ఈ డ్రైవ్ యూనిట్లని కూడా ఎలెక్ట్రిక్ డ్రైవ్; హైడ్రాలిక్ డ్రైవ్; న్యూమేటిక్ డ్రైవ్ అవి మూడు రకాలుగా విభజించేరు. విద్యుత్ డ్రైవ్‌లు వర్తుల చలనాన్ని మాత్రమే ఇస్తాయి. అవసరం అయినప్పుడు దీన్ని ఋజు చలనంగా మార్చుకోవచ్చు. హైడ్రాలిక్ న్యూమేటిక్ డ్రైవ్‌లు వర్తుల చలనాన్ని గాని, ఋజుచలనాన్ని గాని ఇవ్వగలవు, వర్తుల చలనాన్ని ఇస్తే, వీటిని హైడ్రాలిక్ మోటారు, లేదా న్యూమేటిక్ మోటార్లు అంటారు. ఋజుమార్గ చలనాన్నిస్తే, వీటిని హైడ్రాలిక్ సిలిండరు; లేదా న్యూమేటిక్ సిలిండరు అంటారు. డ్రైవ్ యూనిట్లని రోబోట్ యొక్క కీళ్లకి (joints) తగిలిస్తారు.



బొమ్మ 19: డైరెక్టు, ఇన్‌డైరెక్టు డ్రైవ్ పద్ధతులు.

ఒక్కొక్క డ్రైవ్ యూనిట్టు ఒక్కొక్క కీలుని కదుపుతుంది. ఈ కీళ్లు లింకుల్ని కదుపుతాయి. ఈ విధంగా మొత్తపు కీళ్ల కదలికవలన రోబోటు మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్‌ఎఫెక్టరూ తమకు నిర్దేశించినపనిని సవ్యంగా చేస్తాయి.

డ్రైవ్ యూనిట్‌నీ, కీలునీ ఏ విధంగా జోడిస్తారో చూద్దాం. ఇది రెండు విధాలుగా చేయవచ్చు. డ్రైవ్ యూనిట్ షాఫ్టునీ (Drive shaft) అది కదపాల్సిన కీలు షాఫ్టునీ నేరుగా అతికిస్తారు. ఇది ఒక పద్ధతి. అటువంటి పరిస్థితుల్లో డ్రైవ్ యూనిట్‌ని డైరెక్టు డ్రైవ్‌యూనిట్ (Direct drive unit) అంటారు. ఈ పద్ధతిలో మోటారు ఏ వేగంతో తిరిగితే కీలు కూడా అదే వేగంతో తిరుగుతుంది. ఒక్కొక్కప్పుడు మోటారు వేగంకంటే భిన్నమైన వేగంతో కీలు కదలవలసిన అగత్యం ఏర్పడుతుంది. అటువంటి సందర్భాలలో మోటారు షాఫ్టునీ కీలుషాఫ్టునీ గొలుసులూ, లింకులూ, గేర్లూ ద్వారా కలుపుతారు. దీన్ని ఇన్‌డైరెక్టు డ్రైవ్ (Indirect drive) అంటారు. 19వ బొమ్మలో ఈ రెండురకాల డ్రైవ్‌యూనిట్లనీ చూడవచ్చు.

4. కంట్రోలరు

మనం చేతుల్నీ, ఇతర అవయవాల్నీ కదపాలంటే వాటిని కదిపే కండరాలకి తగిన ఆదేశాలిచ్చి, వాటి కదలికల్ని పర్యవేక్షించే అవయవం ఒకటుంది. అదే మన మెదడు, రోబోట్లకి కూడా ఇటువంటి అవయవం, ఇటువంటి పర్యవేక్షణాధికారి ఉండాలి, అదే డిజిటల్ కంప్యూటరు. మన మెదడుకీ, ఈ కంప్యూటర్‌కీ చాల పోలికలున్నాయి.

(i) తనకిచ్చిన ఆదేశాల్నీ, తనకందించిన సమాచారాన్నీ కంప్యూటర్ చదవగలదు; అర్థం చేసుకోగలదు.

(ii) కంప్యూటరు వ్రాయగలదు. అంటే, తాను గుణించిన సమాచారాన్ని మనకి తెలియ చేయగలదు.

(iii) కంప్యూటర్‌కి జ్ఞాపకశక్తి ఉంది. తనకందించిన సమాచారాన్నీ, తాను లెక్కకట్టిన విషయాల్నీ తన మెదడులో (Memory) శాశ్వతంగా భద్రపరచుకోగలదు. అవసరమైనప్పుడు ఆ సమాచారాన్ని జ్ఞాపకం తెచ్చుకొని ఉపయోగించుకోగలదు. ఈ కార్యం అతి త్వరగా, సెకనులో వెయ్యోవంతు కూడా పట్టకుండా చేసుకోగలదు.

(iv) కంప్యూటరు లెక్కలు చేయగలదు. కూడికలూ, తీసివేతా, భాగహార గుణకారాలూ, వర్గాలూ, వర్గమూలాలూ లెక్కకట్టడం దానికి కొట్టిన పిండి.

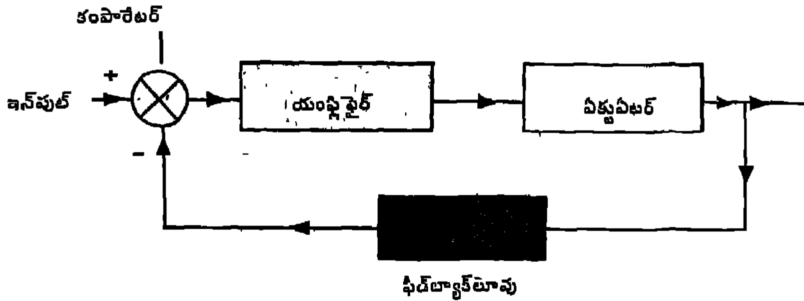
(v) తన కందిన సమాచారాన్నీ, తన మెదడులో భద్రపరచుకొన్న విషయాల్నీ, తాను గుణించిన విషయాల్నీ బేరీజు వేసుకొని, తార్కికంగా ఆలోచించి, సరియైన నిర్ణయాలకి రాగలదు.

డిజిటల్ కంప్యూటరు ఈ ఐదు పనులూ మానవ మేధస్సు చేసినట్లే చేయగలదు కనుక దీన్ని రోబోటు యొక్క మెదడుగా, అతి ముఖ్యమైన పర్యవేక్షణాధికారిగా, నియంత్రణాధికారిగా భావించవచ్చు.

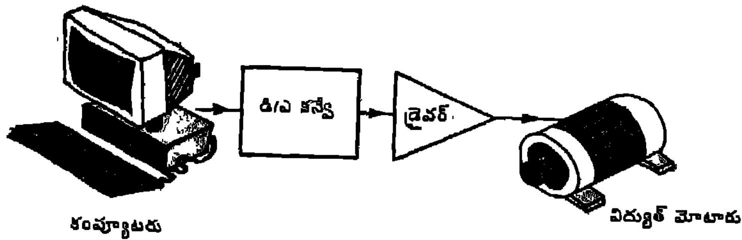
ఈ కంట్రోలరు రోబోటు యొక్క కదలికల్ని నియంత్రిస్తుంది. ఏఏ భాగాలు ఏఏ దిశలో ఎంతెంత కదలాలో, ఎంత వేగంతో కదలాలో నిర్ణయిస్తుంది; ఆజ్ఞలు జారీ చేస్తుంది; ఆయా భాగాలు ఆ ఆజ్ఞల్ని తూ.చ. తప్పకుండా నిర్వర్తించేయో లేదో పర్యవేక్షిస్తుంది. ఈ కంట్రోలరు రోబోటులోని వేర్వేరు మోటార్లనీ, డ్రైవ్‌యూనిట్లనీ చాకచక్యంగా, సమర్థవంతంగా నడిపిస్తుంది.

ఒక నిర్దిష్ట స్థలంలో ఉన్నవస్తువుని అందుకొని, మరొక పూర్వ నిర్ధారిత స్థలంలో ఉంచాలనుకోండి, ఆ వస్తువు ఉన్న స్థలపు వివరాలు, నిరూపకములు తెలుసు. ఈ సమాచారాన్ని దృష్టిలో ఉంచుకొని, దాన్ని చేరేందుకు రోబోట్ ఏ లింకుల్ని ఏ దిశలో ఎంతదూరం కదపాలో, ఆ కదలికలకై, ఏఏ మోటారు ఎంత సేపు పనిచేయాలో కంప్యూటర్ క్షణంలో లెక్కకట్టి, ఆయా డ్రైవ్ యూనిట్లకి తగిన ఆదేశాలిస్తుంది. తదనుగుణ్యంగా ఆ డ్రైవ్‌యూనిట్లు ఆయా కీళ్లని కదుపుతాయి. ఎండ్‌ఎఫెక్టరు ఆ వస్తువు ఉన్న స్థానాన్ని చేరుతుంది. అప్పుడావస్తువుని పట్టుకోమని కంట్రోలరు ఎండ్‌ఎఫెక్టర్‌ని ఆదేశిస్తుంది. అది ఆ వస్తువుని భద్రంగా పట్టుకున్నాక మళ్లీ, మోటార్లకి ఆజ్ఞలు అందుతాయి, ఈసారి ఎండ్‌ఎఫెక్టర్‌నీ, అది పట్టుకున్న వస్తువునీ రెండో స్థానానికి చేర్చవలసిందని, ఆ స్థానాన్ని చేరగానే అక్కడ ఆ వస్తువును జాగ్రత్తగా విడిచిపెట్టమని ఎండ్‌ఎఫెక్టరుని కంప్యూటరు ఆదేశిస్తుంది. చెప్పడానికి ఇంత సేపు పట్టిందికాని, ఈ పనులన్నీ చకచకా, అతిత్వరగా జరిగిపోతాయి.

ఈ ప్రక్రియల ఆచరణలో తగిలే అన్ని సమస్యలూ కూలంకషంగా మనకి అవగాహన అయి ఉంటే, రోబోట్‌కి అందే ఆజ్ఞలు అసందిగ్ధంగా ఉంటాయి; రోబోట్ యొక్క లింకులూ, ఎండ్‌ఎఫెక్టరూ ఆ ఆజ్ఞల్ని ఖచ్చితంగా, వెంట్రుకవాసికూడా తేడా లేకుండా అమలు చేయగల్గుతాయి. కాని, ఆచరణలో అనేక అసందిగ్ధాలు ఎదుర్కోవలసి వస్తుంది. వీటిని అధిగమించేందుకు క్షణక్షణమూ వేర్వేరు కదలికల్ని పరిశీలిస్తూ ఉండాలి; తేడాలుంటే వెంటనే సరిదిద్దుకుంటూ ఉండాలి. ఈ ప్రక్రియని, ఫీడ్‌బ్యాక్ (Feedback) అంటారు. ఉదాహరణకి : 'ఒక లింకుని ఈ దిశలో ఇంతదూరం కదపాలి' అని కంప్యూటర్ ఖచ్చితంగా లెక్కకట్టి, దాన్ని కదిపే మోటారుకి ఆదేశాలిస్తుంది. వచ్చిన చిక్కు ఆ తర్వాతే ఉంది. ఆ మోటారు తిరగడంలో అవసరమైన దానికంటే కొంచెం వేగంగానో, కొంచెం నెమ్మదిగానో తిరగవచ్చు. సిద్ధాంతరీత్యా అది ఎంతదూరం ఎంతవేగంతో కదిలి ఉండాలి అనే సమాచారం కంప్యూటర్ మెమొరీలో భద్రపరచబడి ఉంటుంది. ఈ మోటారు కదలడం ప్రారంభించినది మొదలు దాని కదలిక పూర్తి అయ్యేంతవరకూ దానికదలికను పరిశీలించి, లెక్కకట్టి ఆ సమాచారాన్ని మెమొరీలో భద్రపరచిన సమాచారంతో పోల్చినపుడు ఈ రెండు సమాచారాలకీ తేడా లేకపోతే, మన మోటారు సరిగ్గా ప్రణాళిక



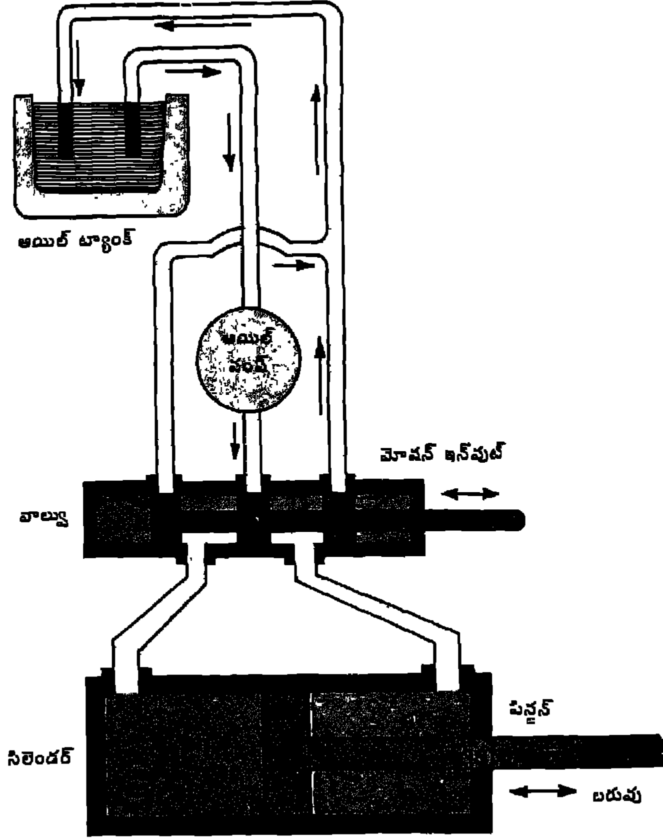
బొమ్మ 20: ఫీడ్ బ్యాక్ పద్ధతి.



బొమ్మ 21: డిఏ కన్వర్టరు, డ్రైవ్ యునిట్ల ద్వారా విద్యుత్ మోటారుని నడుపుతున్న కంప్యూటరు.

ప్రకారం నడుస్తున్నట్లు తెలిపోతుంది. ఈ రెండింటికీ తేడా ఉంటే, ఆ తేడావల్ల కల్గిన వోల్టేజిని యాంప్లిఫై చేసి, దానికనుగుణ్యమైన సంకేతాన్ని మోటారుకి వెంటవెంటనే అందిస్తూంటుంది కంప్యూటరు. ఈ విధంగా, మోటారు వేగం ఎక్కువగా ఉంటే దాన్ని తగ్గిస్తుంది; తక్కువగా ఉంటే హెచ్చిస్తుంది. సైద్ధాంతిక విలువకీ, అసలు విలువకీ తేడా లేకుండా చేస్తుంది. ఇదీ ఫీడ్‌బ్యాక్ లూపు నిర్వర్తించే కార్యం. దీన్ని 20వ బొమ్మలో వివరించడం జరిగింది.

మనం ఒక్క విషయం మరచిపోకూడదు. ఏఏ మోటారు ఏఏ లింకుల్ని ఏ దిశలో ఎంత దూరం కదపాలో ఖచ్చితంగా లెక్కకట్టి, దానికి సంబంధించిన మోటారుకి కంప్యూటరు ఆదేశాలిస్తుంది. కాని, కంప్యూటర్ సిగ్నల్‌లో శక్తి బహుస్వల్పం. అది మోటారుని కదపలేదు. అందుచేత కంప్యూటర్.సిగ్నలు ఒక



బొమ్మ 22: ప్రిజ్మాటిక్ హైడ్రాలిక్ డ్రైవ్ యునిటు.

ఎలెక్ట్రానిక్ పవర్ యాంప్లియర్ ద్వారా మోటార్లకి అందుతుంది. దీన్నిఎలెక్ట్రానిక్ డ్రైవ్‌యూనిట్ అంటారు. కంప్యూటర్ సిగ్నల్‌ని డ్రైవ్‌యూనిట్ అందుకొని తదనుగుణ్యంగా అవసరమైన శక్తిని మోటారుకి అందచేస్తుంది. కంప్యూటరు డిజిటల్ సిగ్నల్స్ మాత్రమే ఇవ్వగలదు. కాని, వాటిని మోటారు అర్థంచేసుకోలేదు, ఈ కారణంచేత డిజిటల్ సిగ్నల్సుని ఎనలోగ్ (analog) సిగ్నల్సుగా మార్చే

మధ్యవర్తి కూడా ఒకరుండాలి. దాన్ని డి.ఏ. కన్వర్టర్ (Digital-to-Analog Converter) అంటారు. కంప్యూటరు మోటారుని ఎలా నడుపుతుందో 21వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. ఈ డి.ఏ. కన్వర్టర్లూ, డ్రైవ్‌యూనిట్లూ విద్యుత్ మోటార్లకే కాక, హైడ్రాలిక్, న్యూమేటిక్ మోటార్లకి కూడా అవసరం. కాని, ఒక ముఖ్యమైన తేడా ఉంది. ఎలెక్ట్రానిక్ డ్రైవ్‌యూనిటు వీటిలోని వాల్వులని మూయడం, తెరవడం మాత్రమే చేస్తుంది. రోబోట్ హస్తాన్ని కదిపేందుకు అవసరమైన శక్తిని హైడ్రాలిక్ ఆయిల్‌పంపుగాని, గాలిపంపుకాని సరఫరాచేస్తాయి. వివరాలు 22వ బొమ్మలో చూడవచ్చు.

రెండవ ప్రపంచయుద్ధం సమాప్తమయేటప్పటికే డిజిటల్ కంప్యూటర్లు అభివృద్ధి చెందుతూ వచ్చినా, రోబోట్ల నిర్మాణంలో వీటి వాడకం మరో 30 సం.రాల తర్వాతకాని జరగలేదు. దీనికి ముఖ్యకారణం ప్రారంభదినాల్లోని కంప్యూటర్ల పరిమాణమే. ఆ రోజుల్లో, కంప్యూటర్లలో వేక్యూమ్‌ట్యూబులు (Vacuum tubes) వాడేవారు. ఒక్కొక్క ట్యూబు 7-10 సెం.మీ. ఎత్తూ, 5-8 సెం.మీ. వ్యాసమూకలిగి ఉంటుంది. ఒక్కొక్క కంప్యూటర్‌లో ఇటువంటివి వేలకొద్దీ ఉపయోగించాలి. దానితో ఒక డిజిటల్ కంప్యూటరు మొత్తం ఒక పెద్ద బిల్డింగు అంతా ఆక్రమించేది. పైగా, ఈ వేక్యూమ్ ట్యూబులు చాలవేడి నిస్తాయి. (అవి ఖర్చు పెట్టిన విద్యుత్ శక్తిలో స్వల్పభాగం మాత్రమే ఉపయోగకరమైన శక్తిగా మారుతుంది; అధికభాగం ఉష్ణరూపంలో విడుదలౌతుంది.) దానితో, ఆ వేడిని తగ్గించి, కంప్యూటర్‌ని సరిగా పనిచేయించేందుకు పెద్దపెద్ద ఎయిర్‌కండిషనర్లు కావాలి.

ట్రాన్సిస్టర్ల ఆవిష్కరణతో ఈ ఇబ్బందులు తొలగిపోయేయి. ట్రాన్సిస్టరు పరిమాణంలో వేక్యూమ్ ట్యూబులో వందోవంతు కూడా ఉండదు. అయినా, తనకంటె వందలరెట్లు పెద్దదైన వేక్యూమ్ ట్యూబు చేసేపనులన్నీ చేస్తుంది. అది వెలువర్చే వేడికూడా చాలతక్కువ. మైక్రో ఎలక్ట్రానిక్సు చిప్స్ తయారీతో పరిస్థితి ఇంకా మెరుగు అయింది. ఇవి పరిమాణంలో బియ్యపు గింజకంటె చిన్నవి. ఒక వేక్యూమ్ ట్యూబు ఆక్రమించే స్థలంలో 50 వేల ట్రాన్సిస్టర్లుగల చిప్స్‌ని కూర్చోపెట్టవచ్చు. ఇటువంటి చిప్స్ నిర్మాణం అభివృద్ధి చెందడంతో, అతి చిన్నవీ, శక్తివంతమైనవీ అయిన డిజిటల్ కంప్యూటర్ల నిర్మాణం సాధ్యమయింది, వాటి ధర కూడా బాగా తగ్గిపోయింది. దానితో అనేక మైక్రోకంప్యూటర్లని రోబోట్ కంట్రోలు సర్క్యూట్లతో ఉపయోగించడం

మొదలైంది. రోబోట్‌లోని ఒక్కొక్క కీలు (joint) కదలికని శాసించేందుకు ఒక్కొక్క మైక్రోకంప్యూటర్ని, వీటన్నిటి కార్యకలాపాల్ని పర్యవేక్షించేందుకు మరొక శక్తివంతమైన కంప్యూటర్ని వాడడం సర్వసాధారణమైనది. ఇన్ని కంప్యూటర్లు ఉండడంతో అతిక్లిష్టమైన గణిత సమీకరణాల్ని కూడా అతిస్వల్ప కాలంలో సాధించడం సాధ్యమయింది. రోబోట్ యొక్క వేర్వేరు కీళ్లనీ, లింకుల్నీ అతి చాకచక్యంగా, నిర్దుష్టంగా కదపడం వీలయింది.

5. రోబోట్ యొక్క ఐదవ ముఖ్యభాగం

మనమెదడు, తనంతతానుగా, మరే ఇతర అవయవపు సాయమూ లేకుండా, తన తెలివి తేటలు చూపించలేదు; ఉపయోగకరమైన పని చేయలేదు. మన పంచేంద్రియాలూ కళ్లూ, ముక్కూ, చెవులూ, నోరూ, చర్మమూ తమ తమ పనులు సరిగా చేసుకొని, తాము గ్రహించిన సమాచారాన్ని మెదడుకి అందచేసినపుడే, అది ఈ సమాచారాన్ని పరిశీలించి, క్రోడీకరించి, సరియైన నిర్ణయాలకి రాగల్గుతుంది; తగిన ఆదేశాలని ఇవ్వగల్గుతుంది. అలాగే రోబోట్‌లోని మెదడు అంటే దానిలోని కంప్యూటరు కూడా, మన ఇంద్రియాల వంటి ఇంద్రియాలు సరియైన సమాచారాన్ని సేకరించి దానికందించినప్పుడే సరిగా పనిచేయగలదు. అందుచేత రోబోటు యొక్క అతిముఖ్యమైన భాగం, దాని ఇంద్రియాలు (Sensors) తానున్న స్థలపు వివరాలూ, వేగమూ, దిశా, ఉష్ణోగ్రతా, దారిలో ఉన్న అడ్డంకులూ మొదలైన అనేక విషయాల్ని కొలిచి ఆ వివరాలు పర్యవేక్షక కంప్యూటర్‌కి అందిస్తాయి సెన్సర్లు.

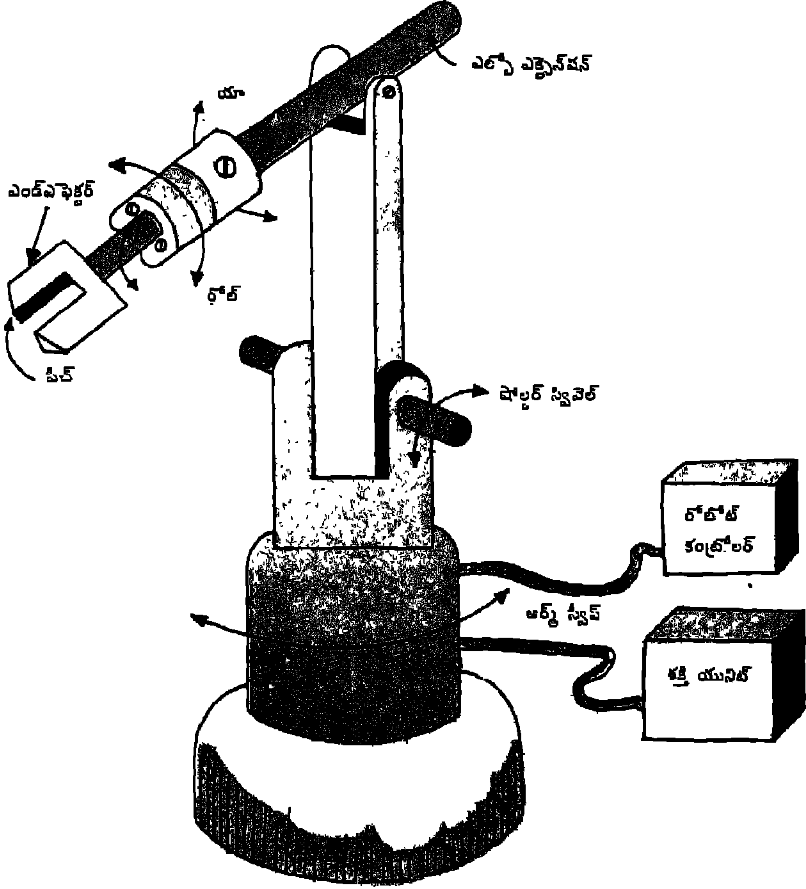
మనం సరిగా మనలాలంటే, చుట్టుపట్ల ఉన్న పరిస్థితుల్ని గ్రహించాలి; అవగాహన చేసుకోవాలి. అలాగే, రోబోట్ సరిగా పనిచేయాలంటే చుట్టుపట్ల ఉన్న వస్తువులూ, అడ్డంకులూ, పరిసర పరిస్థితులూ దానికి ఎప్పటికప్పుడు తెలియాలి. అప్పుడే అది తనకి ఆదేశించిన కార్యం నిరాఘాటంగా చేయగల్గుతుంది. ఉదాహరణకి : రోబోటు ఒక చోట ఉన్న ఒక వస్తువుని పట్టుకొని మరొక స్థానంలో విడచిపెట్టాలనుకుందాం. రోబోట్ హస్తం (మేనిప్యులేటరు) ఆ వస్తువునిసమీపించాలి. ఎండ్ఎఫెక్టరు దానిని అతి నెమ్మదిగా సమీపించి పట్టుకోవాలి. వేగంగా దాన్ని సమీపిస్తే, దాన్ని ఇటూ, అటూ తోసేసే ప్రమాదం ఉంది. దాన్ని పట్టుకున్నాక, తానుదాన్ని పట్టుకున్నట్లుగా రోబోట్‌కి (అంటే, దాన్ని పర్యవేక్షించే కంప్యూటర్‌కి) తెలియాలి. నిర్ణీత వేగంతో, నిర్ణీత దిశలో తన మేనిప్యులేటర్‌ని కదిపి, ఆ వస్తువు నుంచవలసిన చోటు

సమీపించాలి. సమీపించాక, ఎత్తునుంచి దాన్ని జారవిడవకూడదు. తన హస్తాన్ని క్రిందకు దించి, ఆ వస్తువును పట్టుకున్న వేళ్లను (ఎండ్ఎఫెక్టర్‌ను) నడలించాలి. రోబోట్ తన పరిసరాలనూ, తాను పట్టుకోవలసిన వస్తువు రూపురేఖలనూ సరిగా గ్రహించగల్గాలి. అప్పుడే అది అక్కడున్న అనేక వస్తువుల్లోంచి సరియైన దాన్ని ఎన్నుకోగలదు. ఇటువంటి సమాచారాన్నంతా రోబోట్ తన ఇంద్రియాల ద్వారానే (Sensors) గ్రహించగలదు. ఈ సెన్సార్లు అవసరమైన సమాచారాన్నంతా గ్రహిస్తాయి; ఆ విషయాల్ని వివరాల్నీ కంప్యూటర్‌కి అందచేస్తాయి. కంప్యూటరు వాటిని క్రోడీకరించి, తదనుగుణ్యంగా మేనిప్యులేటర్‌కీ, ఎండ్ఎఫెక్టర్‌కీ సరియైన ఆజ్ఞలు ఇస్తుంది. టి.వి, కెమెరాలు రోబోట్‌కి కళ్లల్లా పనిచేస్తాయి. కెమెరా ఎదటి వస్తువును చూస్తుంది; ఫోటో తీస్తుంది. ఆ ఫోటో వివరాల్ని డిజిటల్ సిగ్నల్సుగా మార్చి, కంప్యూటర్‌కి అందచేస్తుంది. కంప్యూటరు ఈ సిగ్నల్సుని అర్థం చేసుకొని, ఎదట ఏ వస్తువు ఉంది? ఏ అడ్డు ఉన్నాయి? అనే వివరాలన్నీ రోబోటుకి తెలియచేస్తుంది. ఈ విధంగా రోబోటు ఎదటి వస్తువుల్ని చూసి, సరియైన దాన్ని ఆనవాలు పట్టి, ఏ మార్గంలో వెళ్లాలో, ఏ వస్తువుని పట్టుకోవాలో గ్రహించగల్గుతుంది. తనపని సక్రమంగా చేయగల్గుతుంది (ఈ విషయంలో మనిషికీ, రోబోట్‌కి ఎంతో పోలిక ఉంది).

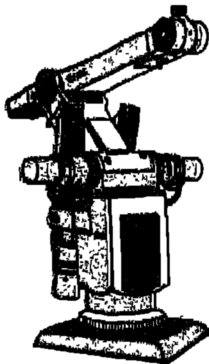
రోబోట్ పద్ధతి

పైన వివరించిన ఐదు ముఖ్యభాగాల్నీ (1) మేనిప్యులేటర్; (2) ఎండ్ఎఫెక్టర్; (3) డ్రైవ్‌యునిట్; (4) కంట్రోలర్; (5) సెన్సార్ను తగిన రీతిగా జోడించి, అవన్నీ సరియైన విధంగా సహకరించి, సక్రమంగా నిర్దిష్ట కార్యక్రమాన్ని పూర్తిచేయగల యంత్రసాధనమే 'రోబోట్'.

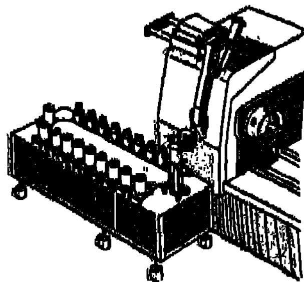
ఇరవైమూడవ బొమ్మలో ఒక పారిశ్రామిక రోబోటుని చూడవచ్చు. అది ఒక మినీకంప్యూటర్‌ని తన కంట్రోలర్‌గా ఉపయోగిస్తుంది. ఈ బొమ్మలో మేనిప్యులేటర్ మాత్రమే చూపబడింది. ఎండ్ఎఫెక్టర్‌ని చూపలేదు. మేనిప్యులేటర్ చివర దీన్ని తగిలించాలి, (చేతికి చివర అరచేయీ, వేళ్లూ అతికి ఉన్నట్లు) రోబోట్‌లోని వేర్వేరు లింకుల్నీ, కీళ్లనీ కదిలించే డ్రైవ్‌యూనిట్లు పైకి కన్పించటం లేదు. ఈ రోబోట్ ఒకే విధమైన చిన్న చిన్న పనులు (routine jobs) చేస్తుంది. కనుక దీనిలో సెన్సార్లు అమర్చబడలేదు. 24వ బొమ్మలో 4 రకాల పారిశ్రామిక రోబోట్లు చూపబడ్డాయి. కొన్ని సెన్సార్లు అమర్చిన రోబోట్‌ని



బొమ్మ 23: పారిశ్రామిక రోబోట్.



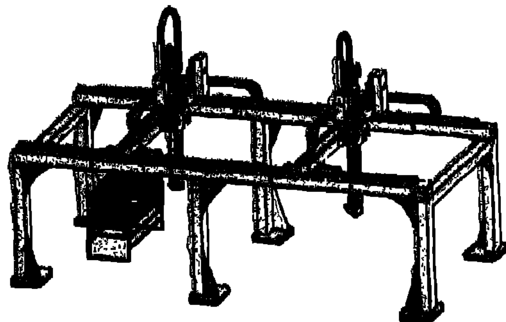
కదలకుండా నేలమీద అతకబడ్డ రోబోటు



కనసోల్ ఇన్‌స్టలేషన్



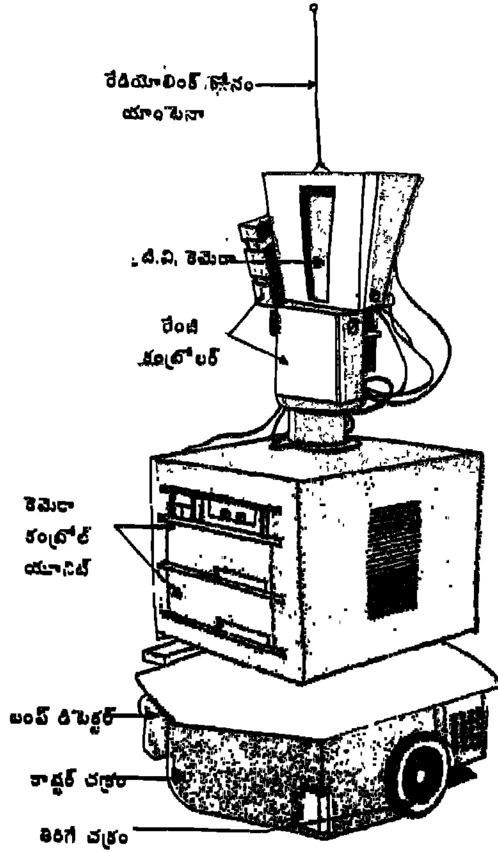
కదిలే రోబోటు



గాంట్రీ ఇన్‌స్టలేషన్

బొమ్మ 24। నాలుగు రకాల పారిశ్రామిక రోబోట్లు.

25వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. ఇది ఒక చోటునుండి మరోచోటుకి నడచివెళ్లే రోబోటు. దారిలో అడ్డంకులేమైనా ఉంటే వాటిని తెలియచెప్పి, వాటిని ఢీకొట్టుకోకుండా తప్పించుకు వెళ్లేందుకు సహాయపడే 'బంప్ డిటెక్టర్లు' అమర్చబడ్డాయి. దీనికి, రోబోట్‌పైని అమర్చబడ్డ టీవీ కెమెరా దీనికన్ను,



బొమ్మ 25. కొన్ని సెన్సర్లు అమర్చబడ్డ కదిలే రోబోటు.

దీనితో ఎదటివస్తువుల్ని చూడగలదు. ఏ దిశలో ఉన్న వస్తువుల్ని చూడాలో కెమెరా కంట్రోల్ యూనిట్ నిర్ణయించి, కెమెరాని ఆ వైపుకి తిప్పుతుంది. రేంజి కంట్రోల్ యూనిట్ దారిలో ఏ దిశలో, ఎంతదూరంలో ఏ అడ్డంకులున్నాయో కనుక్కొని, రోబోట్ ఆ అడ్డంకుల్ని తప్పించుకుపోయేలా సహాయపడుతుంది. రోబోటు తలమీద ఉన్న యాంటెనా రేడియో సిగ్నల్స్‌ని అందుకుంటుంది. దీని సహాయంతో దూరంనుంచే రేడియో ద్వారా రోబోట్‌కి ఆజ్ఞలు ఇవ్వవచ్చు.

3

రోబోట్ల ఉపయోగం

రోబోట్ల ప్రభావం ఏమిటి?

వివిధ పరిశ్రమల్లోనూ, అనేక ఇతర రంగాలలోనూ రోబోట్ల ఉపయోగం నానాటికి పెరుగుతూంది. రోబోట్లకున్న మూడు సుగుణాలే దీనికికారణం. (i) రోబోట్లకి అలుపూ సొలుపూ లేదు, (ii) ఇచ్చిన కార్యాన్ని సమర్థవంతంగా, ఖచ్చితంగా, నిర్దుష్టంగా చేస్తుంది రోబోట్, (iii) ఏ పని నిర్దేశించినా ప్రతి ఘటించదు; ఎదురు చెప్పదు.

మానవ కార్మికుడికి ఏదైనా పని ఇస్తే రెండు మూడు గంటల తర్వాత అతడు అలసిపోతాడు. కొంతసేపు సేదతీర్చు కుంటేనేకాని మళ్లీ పని చేయలేడు. కాఫీయో, టీయో తాగాలి. కార్మికుడు తానుచేసేపని సరీగా ఉందా లేదా అన్నది అంచనాలవల్లా చెప్పగలడేకాని, అతి ఖచ్చితంగా నిర్ణయించలేడు. మానవ కార్మికుడికి ఏదైనా పని పురమాయిస్తే, "ఈపని నేనే ఎందుకు చేయాలి? ఆ రెండో వాడెందుకు చేయకూడదు? నేను ఈ పనే ఎందుకు చేయాలి మరోపని ఇయ్యండి నాకు" అంటూ అభ్యంతరాలు; నినాదాలు; ప్రతిఘటన; ఆఖరికి స్ట్రైకు. రోబోటు ఇవేమీ చేయదు. ఇచ్చినపని ఎంతకష్టమైన దైనా ఏ మాత్రమూ అడ్డుచెప్పకుండా చేసుకుపోతుంది. మానవకార్మికులకి 8 గంటల పనితర్వాత పనిచేస్తే 'ఓవర్‌టైమ్' ఇవ్వాలి. శని, ఆదివారాలు సెలవులు; పండుగలకీ, పబ్బాలకీ సెలవులు; ఎర్న్‌డులీవూ, కేజువల్‌లీవూ, మెడికల్‌లీవూ; ప్రసూతి సెలవూ; రకరకాల ఎలవెన్సులు; పెన్షనూ, ప్రోవిడెంటు ఫండూ; ప్రమాదం జరిగితే కాంపెన్ సేషనూ. ఒకటేమిటి? లక్షనదుపాయాలు చేయాలి.

పరిశ్రమల్లో రోబోట్స్ ప్రయోగం

రోబోట్‌కి శెలవులు అక్కరలేదు. ఏ రెండు మూడు శాతం కాలమో రిపేర్లకీ, ఓవర్ హాలింగ్‌కీ మినహాయించి, రోబోటు రోజుకి 24 గంటలూ, సంవత్సరానికి 365 రోజులూ పని చేస్తూనే ఉంటుంది.

పిక్ అండ్ ప్లేస్ రోబోట్లు

ఇక్కడి వస్తువు అక్కడ పెట్టే రోబోట్లు. ఒకచోట ఉన్న వస్తువుని అక్కడనుంచి తీసి, మరొక పూర్వనిర్ధారిత స్థలంలో ఉంచవలసిన పారిశ్రామిక కార్యాలు అనేకం ఉంటాయి. ఇటువంటి పనులు చేసే రోబోట్లని "పిక్ అండ్ ప్లేస్ రోబోట్లు" అంటారు. సరుకులు దించడం, ఎత్తడం, గోడౌన్లలో పేర్చడం మొదలైన కార్యాలకి ఇవి పనికివస్తాయి.

పాయింట్-టు-పాయింట్ రోబోట్లు

మొదటిరకం రోబోట్లు ఒకచోట ఉన్న వస్తువును తీసి రెండవ స్థలంలో ఉంచుతుంది. పని జరుగుతూన్న కొద్దీ, ఈ రెండు నిర్ధారిత స్థలాల్లోనూ మార్పు రావచ్చు. కాని, చేయవలసినపని మాత్రం ఒకచోట ఉన్న వస్తువును మరోస్థలంలో ఉంచడమే. దీనిలో మార్పేమీ లేదు. ఒక్కొక్కప్పుడు ఒకేరకం పనిని అనేక వేర్వేరు స్థలాల్లో చేయవలసివస్తుంది. ఉదాహరణకి : ప్రింటెడ్ సర్క్యూట్‌బోర్డు (Printed Circuit Board) మీద వేర్వేరుచోట్ల రంధ్రాలు డ్రిల్ చేయడం. P.C.B. మీద వందలకొద్దీ చిన్నచిన్న రంధ్రాలు, పూర్వనిర్ధారిత స్థలాల్లో చేయవలసి ఉంటుంది. వీటిలో ఏ ఒక్కటి కాస్త ఇటూ అటూ చేసినా, మొత్తంబోర్డు అంతావృధా. అవతల పారవేయవలసినదే! మానవ కార్మికుడు ఇది చేయాలంటే ఎంతో శ్రద్ధ వహించాలి; శ్రమపడాలి. చాలకాలహరణమూ అవుతుంది. ఇటువంటి పనులు రోబోట్ అతి చాకచక్యంగా, నిర్దుష్టంగా. అలుపు లేకుండా, తప్పులు లేకుండా చేయగలదు. ఇలాగే, స్పాట్ వెల్డింగు, గ్లూఇంగు, డ్రిల్లింగు మొదలైన పనులు అవసరమైనచోట్ల ఇటువంటి "పాయింట్-టు-పాయింట్" రోబోట్లని వాడుతారు.

కంటిన్యూఅస్ పాత్ రోబోట్లు

పైన చెప్పిన రెండురకాల రోబోట్లూ కూడా ఒక స్థలంనుంచి మరొక పూర్వనిర్ధారిత స్థలానికి కదలాలి. అయితే, అవి కదలే మార్గంకాని, ఆ

మార్గంలో కదలే రోబోట్ల హస్తాల వేగంకాని ముఖ్యంకాదు. ఏమంటే, అవి కదలేటప్పుడు మార్గంలో పనులేమీ చేయవుకాబట్టి. కాని, పరిశ్రమల్లో, కొన్నికొన్ని పనులు చేసేటప్పుడు, రోబోట్లు కదలే మార్గమూ, వాటి వేగముకూడా చాల జాగ్రత్తగా, పూర్వ నిర్ధారిత పరిధుల్లో ఉండాలి. ఉదాహరణకి : ఒక గోడకి ఒక చివర నుండి, రెండో చివర వరకూ స్ప్రే పెయింటింగ్ చేయాలనుకోండి, గోడ అంతటా, ప్రతి చదరపు సెంటీమీటరుకీ ఒకే మందాన పెయింటు పడాలి. అందుచేత, రోబోటు తన ఇష్టంవచ్చిన వేగంతో త్వరగాకాని, నెమ్మదిగాకాని కదలకూడదు. పూర్వనిర్ధారితమైన ఒకే వేగంతో కదలాలి. ప్రతి నిముషానికీ ఒకే పరిమాణపు పెయింటు స్ప్రే చేయ్యాలి. గోడ ఒక చివరనుంచి రెండో చివరవరకూ ఒకే వేగంతో వరుసగా పనిచేసుకుంటూ పోవాలి, ఇటువంటి పనులు చేసే రోబోట్లని 'కంటిన్యుఅస్ పాత్ రోబోట్లు, (వరుసగా పనిచేసుకుంటూ పోయే రోబోట్లన్నమాట.) అంటారు. స్ప్రే పెయింటింగ్; సీమ్ వెల్డింగు, కట్టింగు, ఇన్‌స్పెక్షన్ మొదలైనవి ఈ కోవకి చెందిన పనులు.

స్ప్రే పెయింటింగు చేసేటప్పుడు విషపూరితమైన పెయింటు వాయువులు గాలిలో కలిసిపోతాయి. అటువంటి వాతావరణంలో మానవకార్మికుడు పెయింటు చేసేటప్పుడు ఒక్క కళ్లు మినహాయించి మిగతా ముఖానికీ, దేహానికీ మాస్కువేసుకోవాలి; కళ్లకి గాగుల్సు పెట్టుకోవాలి. అప్పటికీ, మధ్యమధ్య పని ఆపుచేసి, బయట, స్వచ్ఛమైన వాతావరణంలో కొద్దిసేపు గడపుతూండాలి. మానవకార్మికులు ఈ పని చేయవలసి ఉన్నంతకాలమూ, ఈ స్ప్రే పెయింటింగు గాలి ఉన్న ప్రదేశాలలోనే చేయడం అనివార్యం. అటువంటప్పుడు గాలి కూడా స్ప్రే పెయింటులో ఇరుక్కొని, చిన్నచిన్న బుడగల రూపంలో పెయింటు చేయబడ్డ స్థలంమీద చిన్నచిన్న కుదుపుల్లా ఏర్పడుతుంది: ఆ స్థలం మీద తర్వాత ఏదైనా రాపిడి తగిలితే, ఆ బుడగలు పగిలి గాలి బయటకు పోతుంది. అక్కడ పెయింటు లేని స్థలం బయటపడి, తుప్పుపట్టి పాడైపోతుంది. ఇటువంటివి జరక్కుండా నివారించేందుకు, కార్మికుడు పెయింటు చేసిన వెంటనే (పెయింటు ఆరిపోకముందు) ఆ స్థలం మీద రోలరుతో రుద్దుతాడు. దానితో పచ్చిగా ఉన్నపుడే గాలిబుడగలు పగిలిపోయి, అక్కడ కూడా పెయింటు అంటుకుంటుంది. ఈ పని రోబోట్‌కి ఇస్తే, అది అన్నిచోట్లా సమానమైన మందంలో పెయింట్ పడేలా స్ప్రే చేస్తుంది. పెయింటు

చేసేగదిలోని విషపూరిత వాతావరణం రోబోట్‌ని ఏమీ బాధించదు (అది గాలి పీల్చదు కదా!). అందుచేత మధ్యమధ్యలో పని ఆపి బయటకు పోవలసిన అవసరం ఉండదు. పని నిర్విరామంగా, త్వరగా పూర్తి అవుతుంది. మరొక విషయం. పెయింటు చేసేగదినంతటినీ సీలుచేసి, దానిలోని గాలినంతటినీ పూర్తిగా తీసివేసి (నిర్వాత ప్రదేశంగా మార్చి) పనిప్రారంభిస్తే, పెయింటు చేయబడ్డ స్థలంమీద గాలి బుడగలు ఏర్పడవు. మానవ కార్మికుడు అటువంటి నిర్వాత ప్రదేశంలో పని చేయలేడు. రోబోటు నిక్షేపంగా పనిచేసుకుంటూ పోగలదు. మోటార్లకీ, జెనరేటర్లకీ కదలకుండా, పైన ఉండే భాగాల్ని స్టేటార్లు (Stators) అంటారు. అవి రెండువక్కలా తెరచి ఉంచిన డబ్బాల్లా ఉంటాయి. స్టేటారులోపల దానికి తగలకుండా కూర్చుని వేగంగా తిరిగేభాగాన్ని రోటార్ (Rotor) అంటారు. స్టేటారులోపలి భాగాలు ఏ మాత్రమూ ఎగుడు దిగుళ్లు లేకుండా ఉన్నపుడే రోటారు చక్కగా తిరగగల్గుతుంది. అందుచేత, స్టేటారు నిర్మాణం పూర్తి అయేక, దానిలోపలి భాగాన్ని అతి జాగ్రత్తగా పరిశీలించాలి. ఏ మాత్రం హెచ్చుతగ్గులున్నా, వాటిని సవరించాలి. పెద్దపెద్ద జెనరేటర్లూ, పని కంటిన్యుఅస్‌పాత్ రోబోటు అతి చాకచక్యంగా చేయగలదు. మన దృష్టికి అక్కడక్కడ ఉన్న అతి స్వల్పమైన ఎగుడు దిగుళ్లు తప్పించుకు పోగలవేమోకాని, అటువంటి వాటిని కూడా ఈ రోబోట్ పట్టేస్తుంది. ఇంజన్లలో ఉపయోగించే 'క్రేంకు షాఫ్టులు' (Crank shafts) వంకర టింకర ఆకారంలో ఉంటాయి. అవి పోతపోసిన తర్వాత వాటి ఉపరితలం నున్నగా ఉండేలా, ఏ మాత్రమైనా ఎగుడు దిగుళ్లూ లేకుండా చేయాలి. ఇటువంటి పనులకి కూడా ఈ కంటిన్యుఅస్ పాత్ రోబోట్‌ని ఉపయోగిస్తారు.

ఈ క్రేంక్ షాఫ్టుల్ని కదిలే కన్వేయర్ బెల్టుమీద ఉంచుతారు. ఈ బెల్టుకిదూరంగా ఇటూ, అటూ, పైనీ ఉంచిన టీ.వీ. కెమేరాలు ఒక్కొక్క షాఫ్టే తమ దృష్టి పథంలోకి వచ్చినపుడు అది బెల్టుమీద ఎక్కడ ఉందో, ఏ విధంగా ఉందో మొదలైన వివరాలన్నీ ఒక రోబోటుకి అందచేస్తాయి. ఈ సమాచారపు సహాయంతో ఆ రోబోటు షాఫ్టుని సరిగా అందుకొని దాన్ని మెషీనుకి అందిస్తుంది. ఆ మెషీను షాఫ్టుని సరిగా, గట్టిగా పట్టుకొన్నాక కంటిన్యుఅస్‌పాత్ రోబోటు దాన్ని నున్నగా చేసి ఏ మాత్రమూ ఎగుడు దిగుళ్లు లేకుండా చేస్తుంది. అంతా సరిగా ఉందో లేదో చూస్తుంది. షాఫ్టులోని ఏదో ఒక భాగాన్ని పరీక్షించడం కాదు. ఈ మూల నుంచి ఆ మూలకి, షాఫ్టులోని ప్రతీ

సెంటీమీటరు భాగాన్నీ నున్నగా ఉందో లేదో పరీక్షించాలి; సరీగా లేకపోతే సరిచేయాలి. అందుకే ఇటువంటి పనికి కంటిన్యుఅస్‌పాత్ రోబోట్ల అవసరం.

ఎస్సెంబ్లీ ఆపరేషన్

పరిశ్రమల్లో, అనేకరకాల ఆకారాలుగల వేర్వేరు విడిభాగాల్ని సరియైన విధంగా జోడించి ఒక యంత్రాన్ని తయారు చేస్తారు. ఈ పనిని ఎస్సెంబ్లింగ్ (Assembling) అంటారు. ఇటువంటి పనులు చేసే రోబోట్లని 'ఎస్సెంబ్లీ రోబోట్లు' అంటారు. వేర్వేరు ఆకారాలూ, పరిమాణాలూగల విడిభాగాల నన్నింటినీ ఆ రోబోటు పేరు పేరునా గుర్తించగల్గాలి. ఆయా విడిభాగాలు ఏచోట, ఏ విధంగా ఉంచాలో గ్రహించగల్గాలి. అప్పుడే అది వేర్వేరు విడిభాగాల్ని కల్పి-అతికించో, స్క్రూ చేసో, వెల్డు చేసో-పెద్దభాగాన్ని తయారు చేయగల్గుతుంది.

రోబోటు ఒక పళ్ల చక్రాన్ని అందుకోవాలనుకోండి. అది అందుకోవలసిన చక్రపు వ్యాసమూ, మందమూ, ఎన్ని పళ్లున్నాయో మొదలైన వివరాలన్నీ రోబోటు మెమొరీలో (మెదడులో) నిక్షిప్తమై ఉంటాయి. టీ.వీ. కెమేరా సాయంతో, రోబోటు తన ఎదురగా ఉన్న అనేక విడిభాగాల్ని పరీక్షిస్తుంది. వాటిలో పళ్ల చక్రాల్నీ, తన మెదడులో నిక్షిప్తమై ఉన్న వివరాల్ని సరీగా పోలిన చక్రాన్నీ సమీపిస్తుంది; అందుకుంటుంది.

ఒక్కొక్కప్పుడు ఒక వస్తువును పట్టుకొని తన కాదేశించిన పని చేసేందుకు రెండు చేతులు అవసరం కావచ్చు. అటువంటి సమయాల్లో ఆ పనిని రెండు రోబోట్లు కలిసి సంయుక్తంగా నెరవేరుస్తాయి.

పరిశ్రమల్లో రోబోట్లనుపయోగించడంలోని లాభాలు

సాంకేతికంగానూ, పారిశ్రామికంగానూ బాగా అభివృద్ధి చెందిన జపాను, అమెరికావంటి దేశాల్లో రోబోట్ల వాడకం సంవత్సరానికి 35 శాతం చొప్పున పెరుగుతూంది. దీనికి అనేక కారణాలు ఉన్నాయి.

రోబోట్ల వాడకంతో వస్తువుల ఉత్పత్తి ధర తగ్గుతుంది

మానవ కార్మికుడికిచ్చే జీతభత్యాలూ, అనేకమైన ఇతర సదుపాయాలూ లెక్కలోకి తీసుకుంటే, అతని స్థానే రోబోట్‌ని వాడడమే చాల చవక. రోబోట్లకి జీతభత్యాలివ్వనక్కరలేదు; రకరకాల సెలవులూ, ప్రమాదం జరిగితే

కాంపెన్ సేషనూ, జబ్బుచేస్తే జీతంతో సెలవూ; పురిటికి సెలవు, స్వగ్రామం వెళ్లేందుకూ దేశంలో విహారం చేసేందుకూ ఉచితంగా ప్రయాణపు ఖర్చులు ఇవ్వనక్కర లేదు. పెన్షనూ, గ్రాట్యుటీ అసలే ఉండదు.

రోబోట్లు తమ పనిని రోజుకు 24 గంటలూ, సంవత్సరానికి 365 రోజులూ అలుపూ సొలుపూ లేకుండా నిర్విరామంగా చేసుకుంటూ పోగలవు (నగటుని 2% కాలం వాటి రిపేర్లకీ ఓవర్‌హాలింగ్‌కీ మినహాయించి). మానవ కార్మికుడు రోజుకి 8 గం. కంటె పని చేయడు. అదీ, మధ్యమధ్యలో కాఫీ, టీలకీ, భోజనానికీ, గంటో, రెండు గంటలో విరామం తీసుకుంటేనే! ఈ విధంగా, డ్యూటీలో ఉంటూ పని చేయకుండా ఉండేకాలం 10-20 శాతం దాకా ఉంటుంది. పైగా, నిర్విరామంగా మానవకార్మికుడు పనిచేయలేడు; అలసిపోతాడు; దానితో పనిలో హెచ్చుతగ్గులూ, తప్పులూ వస్తాయి. వీటన్నిటినీ లెక్కలోకి తీసుకుంటే, రోబోట్లమీద పెట్టిన ఖర్చు అంతా (వాటి ఖరీదూ, వాటిని ఆ పనికి తర్ఫీదు చేయడంలో అయే ఖర్చూ వాటిని ఆ ఫ్యాక్టరీలో అమర్చేందుకు అయేఖర్చూ, అన్నీ కల్పినాకూడా) పదిపన్నెండు మాసాల్లో తిరిగి రాబట్టవచ్చు.

రోబోట్ల ఉపయోగంతో ఉత్పత్తి పెరుగుతుంది

మానవ కార్మికులకంటే, రోబోట్లు పనిని త్వరగా పూర్తిచేయగలవు. సీమ్ వెల్డింగ్ చేసేటపుడు, మానవ కార్మికుడు నిముషానికి 25 సెంటీమీటర్లు పూర్తిచేయగల్గితే, రోబోటు 75 సెం.మీ. దాకా చేయగల్గుతుంది. రెండు రోబోట్లు ఒక మోటారు కారుకి పైనా, లోపలా రెండు పూతల పెయింటింగు 90 సెకన్లలో పూర్తిచేస్తాయి. (మొదటి పూత ఆరకుండానే రెండో పూత పూర్తి చేయడం ఆధునిక పద్ధతి.) ఈ విధంగా, నిర్విరామంగా 24 గంటలూ పనిచేస్తూనే ఉంటాయి. ఎంతో పనివాడితనం ఉన్న మానవ కార్మికుడు కూడా ఆ పనిని 15-20 నిముషాలలోపులో పూర్తి చేయలేడు.

ఈ విధంగా రోబోట్ల వాడకంతో ఉత్పాదకత హెచ్చుతుంది. నిర్ణీతకాలంలో వస్తూత్పత్తి పూర్తి అవుతుంది.

రోబోట్లనుపయోగిస్తే, తయారయే వస్తువుల నాణ్యత హెచ్చుతుంది

ఒక్కొక్క సందర్భంలో రెండు లోహపు భాగాల్ని వెల్డు చేసేటపుడు ఆ వేడికి ఆ భాగాలు ఆకారం చెడిపోయి, వంకర అయేముందే అతుకు పూర్తి

అయిపోవాలి. రోబోట్లని ఈ పనికి ఉపయోగిస్తే, అతుకుపెట్టవలసిన భాగాలు సరిగా అందుబాటులో ఉండేలా వాటిని నిలబెట్టవచ్చు. వెల్డింగుని రోబోటు అతిత్వరగా పూర్తి చేయగలదు. మానవ కార్మికుడు ఈ కార్యాన్ని ఇంత వేగంగా, నిర్దుష్టంగా చేయలేడు. డై-కాస్టింగు (Die-casting) చేయవలసి వచ్చినపుడు కూడా మానవ కార్మికుడి మీద రోబోటు ఆధిక్యత కనబడి తీరుతుంది.

ఏదైనా వస్తువుని తయారు చేసేటపుడు అనేక ఇన్‌స్ట్రుమెంట్లు (Instruments) రోబోటుకి క్షణక్షణమూ తోడ్పడుతూంటాయి. అందుచేత, తయారైన వస్తువు అతిఖచ్చితంగా, అన్ని విధాలా ఉండవలసిన రీతిలో ఉంటుంది. సాధారణంగా, ఫాక్టరీలో తయారైన వస్తువుల్లో నాణ్యత బాగులేదని (ఈ కొలత సరిగా లేదనో, ఆ కొలత సరిగా లేదనో) నిరాకరింపబడే వాటిసంఖ్య 30-40 శాతం దాకా ఉంటుంది.

రోబోట్లు తయారుచేసిన వస్తువుల్లో ఈ విధంగా నిరాకరింపబడేవి చాలతక్కువ. ఇంచుమించు ఉండవనే చెప్పవచ్చు. ఏ పరిశ్రమలో అయినా, తయారయే వస్తువుల నాణ్యత చాలముఖ్యం. రోబోట్లు ఉత్కృష్ట నాణ్యతగల వస్తువుల్ని తయారు చేయడంలో ఎంతో తోడ్పడతాయి.

ప్రమాదకరమైన పరిస్థితుల్లోనూ, వాతావరణంలోనూ, రోబోట్లు చక్కగా పని చేస్తాయి

కొన్నికొన్ని సందర్భాలలో పనిచేయవలసిన స్థలమూ, అక్కడి వాతావరణమూ మానవ కార్మికుడికి చాల అసౌకర్యంగానూ, బాధాకరంగానూ, ప్రమాదభూయిష్టంగానూ, ఉంటుంది. వేడిగా మండుతూండే కొలిమిల్లో (Furnaces) పదార్థాల్ని నింపడం, తీసివేయడం; విషవాయువుల్ని వెలువర్చే వెల్డింగు పనులు చేయడమూ, పెయింట్లతో పనిచేయడమూ; రేడియో ధార్మిక రసాయనాలతో పనిచేయడమూ, లోతైన గనుల్లోనూ, సముద్ర గర్భాల్లోనూ, అంతరిక్షంలోనూ, ధృవప్రాంతాలలోనూ పనిచేయడమూ; అగ్నిమాపక కార్యాలూ ఈ కోవలోకి వస్తాయి. అటువంటి చోట్ల రోబోట్లనుపయోగిస్తే, మానవ కార్మికుడికంటే ఆనందించేవాడు మరొకడుండడు.

రోబోట్లు మెరుగైన యాజమాన్య పద్ధతులకి సహకరిస్తాయి

కంప్యూటరుచేత నియంత్రించబడే రోబోట్లు నిర్ధారిత కార్యక్రమాల్ని నిర్దుష్టంగా,

వేగంగా చేయగల్గుతాయి. తమకి నిర్దేశించిన పనులు చేయడంలో అనేక విడిభాగాల్నీ; ముడి సరుకుల్నీ ఉపయోగిస్తాయి. తాముచేసే పనుల వివరాలూ, తయారైన వస్తువులూ, వాడిన ముడిపదార్థాలూ మొదలైన వివరాలన్నీ రోబోట్లు తమ మెమొరీలో ఎప్పటికప్పుడు భద్రపరుస్తూంటాయి. వాటినుండి కేంద్ర కంప్యూటర్‌కి అందుతాయి. ఈ ఫాక్టరీని అజమాయిషీ చేసే మేనేజరు, "ఏఏ సరుకులు ఎంతెంత వాడబడ్డాయి? ఇంక ఎంత నిల్వలున్నాయి? ఏఏ ముడి పదార్థాలూ, విడిభాగాలూ ఎంతెంత తెప్పించి ఉంచాలి? ఎన్ని వస్తువులు తయారయేయి?" అనే వివరాలన్నీ తాను ఉన్న చోటునించి కదలనక్కర లేకుండా తన కంప్యూటరు ద్వారా ఒక్కక్షణంలో తెలుసుకో గల్గుతాడు. ఈ గోడౌనుకీ, ఆ గోడౌనుకీ తిరగనక్కర లేదు. స్టోరులో ఉన్న సరుకుల్ని స్వయంగా పరిశీలించి లెక్కపెట్టనక్కర లేదు. ఏఏ పదార్థాలు ఎంతెంత అవసరమో అంతే తెప్పించి ఉంచుకోవచ్చు. అనవసరంగా ఎక్కువ ముడిపదార్థాలూ, విడిభాగాలూ నిల్వ చేసుకోనక్కర లేదు. ఈ విధంగా విశిష్టమైన యాజమాన్య పద్ధతులనుపయోగించి ఉత్పత్తిని అధికం చేయవచ్చు.

రోబోట్లు ఫాక్టరీ చట్టాల్నీ, రక్షణ నియమాల్నీ తూ.చ. తప్పకుండా పాటిస్తాయి

తనకిచ్చిన ఆదేశాల్ని రోబోటు వీసమెత్తు కూడా పొల్లు పోకుండా పాటిస్తుంది. ఫాక్టరీ రక్షణ నియమాల్నీ, ఆరోగ్యసూత్రాల్నీ ఉల్లంఘించకుండా పని చేస్తుంది. ఉదాహరణకి : ప్రమాదకరమైన చోట్ల పనిచేసేటప్పుడు శిరస్త్రాణం వహించాలనీ, కళ్ళకిగాగులు పెట్టుకోవాలనీ నియమాలున్నాయనుకోండి. మానవ కార్మికుడయితే, "అబ్బ! తల దిమ్మగా ఉంది; కాస్సేపు టోపీ తీసేస్తే ఏమయిందిలే" అని దాన్ని తీసేసి పనిచేస్తాడు. గాగుల్సు పెట్టుకోవడానికి బద్ధకిస్తాడు. ఈ విధంగా రక్షణ నియమాల్ని ఉల్లంఘిస్తాడు, కాని రోబోటు అయితే, ఎటువంటి ఆదేశాన్నయినా సరే, 24 గంటలూ అక్షరం పొల్లుపోకుండా పాటిస్తుంది. అందుచేత, పరిశ్రమల్లో రోబోట్ల వాడకం అంతకంతకు ఎక్కువ అవుతూంది.

పరిశ్రమలన్నిటిలోనూ కూడా మానవ కార్మికుల్నీ తీసేసి, రోబోట్లనే వాడడం లాభదాయకమా ?

రోబోట్ల యొక్క అనేక ఉపయోగాల దృష్ట్యా 'పరిశ్రమలన్నిటిలోనూ మానవ కార్మికుల స్థానే రోబోట్లనే వాడడం ఉపయోగకరమూ, లాభదాయకమూ'

అని అనుకోకూడదు, ప్రతి పరిశ్రమ స్థితీ విడివిడిగా పరిశీలించాలి. ఏఏ కార్యాలలో ఎటువంటి కార్మికుల్ని ఉపయోగించాలి? మానవ కార్మికుల్నా? యంత్రాల్నా? రోబోట్లనా? ఏది లాభదాయకం? ఏది ఉత్పత్తి ఖర్చుల్ని తగ్గిస్తుంది? అనే విషయాల్ని బేరీజు వేసుకొని నిర్ణయాలకి రావాలి.

వస్తూత్పత్తి విధానాలు మూడురకాలు: (i) మానవ కార్మికులనుపయోగించి ఉత్పత్తి చేయడం; (ii) యంత్రసాయంతో ఉత్పత్తి చేయడం; (iii) రోబోట్లనుపయోగించి ఉత్పత్తి చేయడం.

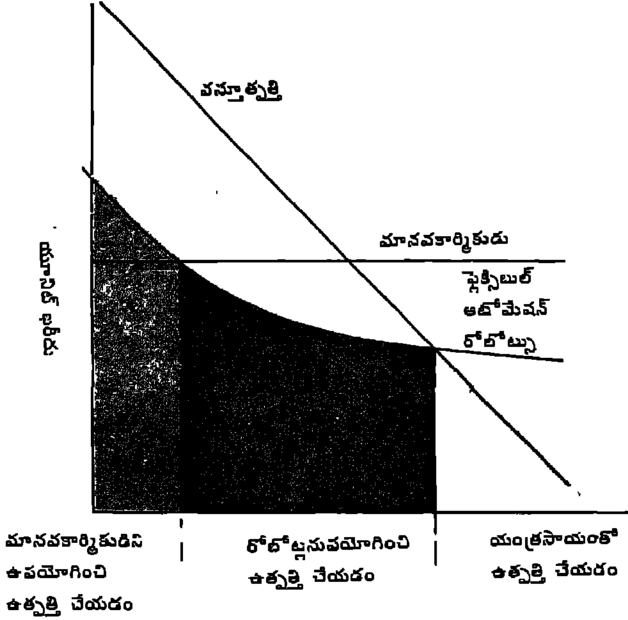
యంత్రసాయంతో ఉత్పత్తి చేసేటప్పుడు వస్తువుల్ని స్వచాలితంగా పనిచేసే యంత్రాలే తయారుచేస్తాయి. ప్రత్యేకమైన కొలతలూ, ఆకారమూగల వస్తువుల్ని తయారు చేసేలా మాత్రమే ఆ యంత్రాల్ని నిర్మిస్తారు. ఆ వస్తువుయొక్క కొలతల్లోకాని ఆకారంలోకాని ఇతర స్పెసిఫికేషన్లలోకాని ఏ కొద్ది మార్పు చేసినా ఆ యంత్రం ఉపయోగపడదు. దానిలో మళ్లీ మార్పులు చేయాలి. దీన్ని "హార్డు ఆటోమేషన్" (Hard automation) అంటారు. మూడవ పద్ధతిలో ప్రోగ్రామబుల్ రోబోట్లని ఉపయోగిస్తారు. దీన్ని ఫ్లెక్సిబుల్ ఆటోమేషన్ (Flexible automation) అంటారు.

సంవత్సరానికి తయారయే వస్తువుల సంఖ్యమీద (Amnual production) వస్తువు యొక్క తయారీ ఖరీదు ఆధారపడి ఉంటుంది. పైన చెప్పిన మూడు పద్ధతుల్లోనూ వస్తూత్పత్తినీ, వస్తువు ఖరీదునీ పరిశీలిస్తే, ఏ సందర్భాలలో ఏ పద్ధతి లాభదాయకమో తెలుస్తుంది, ఈ మూడు పద్ధతుల్లోనూ, వస్తువు ఖరీదు, ఏడాదిమొత్తం మీద తయారయే వస్తు సంఖ్యమీద ఎలా ఆధారపడి ఉంటుందో 26వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. ప్రతి పరిశ్రమా, తమ సాలీనా ఉత్పత్తినిబట్టి ఏ పద్ధతిననుసరిస్తే లాభదాయకమో నిర్ణయించుకోవాలి. అందుచేత, ప్రతి పరిశ్రమలోనూ రోబోట్ల వాడకమే లాభదాయకమనుకోకూడదు.

గృహాల్లో రోబోట్ల వాడకం

ఇళ్లల్లోవాడే రోబోట్లని 'హోమ్ రోబోట్లు' (Home Robots) లేక స్వంత రోబోట్లు (Personal Robots) అంటారు. సాంకేతికంగా అభివృద్ధి చెందిన దేశాల్లో మూడురకాల స్వంత రోబోట్లు వాడకంలో ఉన్నాయి. మొదటిరకం రోబోటు ఆట వస్తువుగా కాని, ఆటలాడే వస్తువుగా కాని ఉపయోగపడుతుంది.

కొన్ని తమాషా బొమ్మలుంటాయి. అవి మొదటి రకం రోబోట్లు. నడవమంటే



సంవత్సరానికి తయారయే వస్తూ ఉత్పత్తి

బొమ్మ 26: వేర్వేరు యాజమాన్య పద్ధతుల తులనం.

నడుస్తాయి; కళ్లు మూసుకు పడుకోమంటే పడుకుంటాయి; పాటలు పాడుతాయి; ఆడుతాయి; నవ్వుతాయి; ఏడుస్తాయి. ఇవి అన్నీ బొమ్మ రోబోట్లే! చిన్నారిపాప చేయి పట్టుకొని, ఆ పాపతోటే నడుస్తూ, తిరుగుతూ ఉండేది మరొకరకం రోబోటు. పిల్లలతో కాని పెద్దలతో కాని అద్భుతంగా, చదరంగమూ, చెకర్సూ ఆడేది మరొక రకం రోబోటు. ఈ చదరంగం ఆడే రోబొట్లు ఆటనేర్చుకొనే చిన్న పిల్లలదగ్గర నుంచి, అద్భుతంగా ఆడగల్గే పెద్దవారితో సహా ఆడగల్గేవి ఉన్నాయి. వీటిలో కొన్ని మన టీవీ స్క్రీను సాయంతో ఆడేవి ఉన్నాయి. టీవీ

మీద చదరంగం బల్లా, అమర్చిన బలగమూ కన్పిస్తాయి. మీరో ఎత్తు వేస్తే, దానికి సమాధానంగా రోబోటు మరో ఎత్తు వేస్తుంది. ఈ ఎత్తులన్నీ టీవీ మీద కనిపిస్తాయి. మరొక రకం రోబోటు మీతోటి మామూలు చదరంగం బల్లా, పావులతో ఆడుతుంది. మీరో బంటునో, శకటునో కదిపితే, అదికూడా తన చేతితో (అంటే మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్‌ఎఫెక్టర్ సాయంతో) దానికి సమాధానంగా మరొక ఎత్తు వేస్తుంది. ఇటువంటి రోబోట్లని చిన్న ఆటగాళ్ల దగ్గర్నుంచి, గ్రాండు మాస్టర్లదాకా కూడా వారివారి సామర్థ్యాలకి తగినట్లుగా అనేక లెవెల్సులో ఆడేటట్లు ప్రోగ్రాము చేయవచ్చు.

హోమ్ రోబోట్లలో రెండవరకం తన శక్తి సామర్థ్యాలతో బంధుమిత్రుల్నీ, జనసామాన్యాన్నీ ఆనందపరచేది. మెజీషియన్లు చేసినట్లు ఇది తమాషాలు చేస్తుంది. పెద్దపెద్ద షాపుల్లోనూ, సూపర్ మార్కెట్లలోనూ ఇది ప్రజలను ఆకర్షించి ఆనందపరుస్తుంది. ఇటువంటి రోబోటు ఒకటి 75 సెం.మీ. ఎత్తుంది. దాని పైభాగంలో టీవీ స్క్రీనుంటుంది. ఆ స్క్రీను మీద కళ్లూ, ముక్కూ, నోరూ మనిషికి ఉన్నట్లుగా కనిపిస్తాయి. అది మాట్లాడినప్పుడు దాని నోరూ, కళ్లూ సందర్భానుసారంగా కదుల్తాయి. ఆ షాపుకి వచ్చినవ్యక్తి దాని ఎదురుగా నిలబడి ఏవైనా ప్రశ్నలడిగితే, ఆ రోబోటు వాటికి సరియైన సమాధానాలిస్తుంది. అయితే, మీ ఇష్టంవచ్చిన ప్రశ్నలడగకూడదు. మీ ఎదురుగా ఉన్న కొత్తవ్యక్తి మీ రడిగే ఏపే ప్రశ్నలకి మిమ్మల్ని చూసి సమాధానాలివ్వగలడో, అటువంటి ప్రశ్నలే అడగాలి. వాటికి రోబోటు సరియైన సమాధానాలిస్తుంది. ఈ తమాషా చూసేందుకు ఎక్కువ మంది ఆ షాపుకి వస్తారు. అమ్మకం హెచ్చుతుంది. ఇంతకీ, ఆ రోబోటు వారి ప్రశ్నలకి సమాధానా లెలా ఇవ్వగలుగుతుంది? ఆ రోబోటు శరీరంలో ఒక మైక్రోఫోను, చిన్న ట్రాన్స్ మిటరూ, ఒక రేడియో రిసీవరూ, లౌడ్ స్పీకరూ పైకి కన్పించకుండా అమర్చబడి ఉంటాయి. కొంచెం దూరంగా, ప్రజలకి కన్పించకుండా ఒక వ్యక్తి దాగుకొని ఉంటాడు, చేతిలో బైనాక్యులర్స్‌తో. అతను రోబోటు ముందు నిలబడి ప్రశ్నలడిగే వ్యక్తినీ ఆ బైనా క్యులర్స్‌తో బాగా చూడగలడు. ఆ వ్యక్తి అడిగిన ప్రశ్న మైక్రోఫోనూ, ట్రాన్స్ మిటరు ద్వారా ఆ దాగుకొన్న వ్యక్తికి వినిపిస్తుంది. అతడు దానికి సరియైన సమాధానం రేడియో ద్వారా రోబోటుకి పంపుతాడు. దానిలో ఉన్న రిసీవరు, లౌడ్ స్పీకరు ద్వారా పైకి వినిపిస్తుంది. రోబోటు నోరూ, కళ్లూ కదుల్తూండడం, సమాధానం వినిపించడం చూసి రోబోటే

మాట్లాడుతూందనుకుంటారు, ఆశ్చర్య పోతారు, మురిసిపోతారు.

మూడవరకం హోమ్ రోబోటు పారిశ్రామిక రోబోటును పోలి ఉంటుంది. దానికి ఇటూ అటూ కదిలేందుకు చక్రాలు కాని, కాళ్లుకాని అమర్చబడి ఉంటాయి. అది ఇంట్లో, మామూలుగా నౌకరు చేసే చిన్నచిన్న పనులు చేస్తుంది. అక్కడ ఉన్న వార్తా పత్రిక తెచ్చి యజమాని కందివ్వడం; వంట ఇంట్లోంచి టిఫినూ, పాలూ తీసుకు వెళ్లి, చదువుకుంటూన్న పిల్లల కివ్వడం మొదలైన పనులు చేస్తుందీ రోబోటు. అది చేయవలసిన పనులకవసరమయ్యే ఇంద్రియాలు (సెన్సర్లు) దీనికి అమర్చబడి ఉంటాయి. ఇటువంటి స్వంత రోబోట్లకి వేరువేరు పనులు చేసేందుకు అవసరమైన ప్రోగ్రామింగు (Programming) ఇవ్వవచ్చు.

అది ఇంట్లో అవసరమయ్యే చిన్నచిన్న పనులు చేయవచ్చు; పిల్లలకి వారి చదువులో సహాయ పడవచ్చు; ట్యూటరులా వారి సందేహాలు తీర్చవచ్చు; పిల్లల్ని చేయిపట్టుకొని ఇంటినుండి స్కూలుకీ, స్కూలునించి ఇంటికీ తీసుకురావచ్చు. ఇది వచ్చే పోయే వాహనాల్ని గమనించి, ప్రమాదం లేకుండా, పిల్లల్ని రోడ్డు దాటిస్తుంది. వాక్యూమ్ క్లీనరు (Vacuum cleaner)తో గదులు తుడవడమూ దానికి నేర్పవచ్చు. 'ఫలానా పని చేయి' అని ఆదేశించగానే, సణుక్కోకుండా, గొణుక్కోకుండా ఆ పని చక్కగా చేస్తుంది.

పరిశ్రమేతర కార్యాలలో రోబోట్ల వాడకం క్రింద వివరింపబడ్డాయి

ఆస్ట్రేలియాలో గొర్రెల ఉన్ని కత్తిరింపు

గొర్రెల ఉన్ని కత్తిరించేందుకు ఆస్ట్రేలియాలో రోబోట్లని ఉపయోగిస్తారు. రోబోటు తన చేతితో (ఎండ్ఎఫెక్టరుతో) ఒక ఎలెక్ట్రిక్ కత్తెరని పట్టుకొని గొర్రెల శరీరం మీద ఉన్నిని సరిగా, సమానంగా కత్తిరించుకుంటూ పోతుంది. గొర్రె శరీరపు వంపుల్ని అనుసరిస్తూ ఈ కత్తిరింపు జరుగుతుంది. ఈ కత్తెర చివర ఒక అతి సున్నితమైన సెన్సరు ఏర్పాటై ఉంటుంది. అది గొర్రె శరీరపు చర్మం ఎంతదూరంలో ఉందో జాగ్రత్తగా గమనించి, తదనుసారంగా రోబోటుకి ఆజ్ఞలిస్తూంటుంది. అందుచేత, చర్మానికి 0.125 మిల్లీమీటర్ల దూరందాకా ఉన్న ఉన్నిని కత్తిరిస్తుంది, కాని చర్మాన్నిమాత్రం ఏ మాత్రమూ తాకదు; గాయ పరచదు. ఈ కత్తెరను నడిపే మోటార్లు అతిశక్తివంతమైనవీ, అతి వేగంగా పనిచేసేవీను. కత్తిరించేటప్పుడు గొర్రె ఏ మాత్రం కదిలినా,

మోటారు కత్తెరను అతివేగంగా వెనక్కు జరిపేస్తుంది. లేకపోతే, గొర్రెకి గాయం అయ్యే ప్రమాదముంది.

వ్యవసాయపు పనులలో రోబోట్ల వాడకం

దృష్టి మొదలైన సెన్సర్లు (ఇంద్రియాలు) గల రోబోట్లు అనేక వ్యవసాయపు పనులు చక్కగా, సమర్థవంతంగా చేయగలవు. చెట్లనుంచి పళ్లుకోసి పోగుచేయడం, బంగాళాదుంపలు తవ్వడం, పంటలుకోసి, నూర్చడం మొదలైన పనులెన్నో రోబట్లు చక్కగా చేయగలవు.

రేడియో ధార్మిక పదార్థాలతో పని

అణు పరిశోధనా శాలల్లోనూ, అణువిద్యుత్ కర్మాగారాల్లోనూ, రేడియో ధార్మిక పదార్థాలతో ఎంతో పని ఉంటుంది. ఇవి మానవ కార్మికులు చేస్తే ప్రమాదభరితం. ఇటువంటి చోట్ల మానవ కార్మికుల బదులు రోబోట్లని ఉపయోగించడం ఎంతో మేలు. ఏ మాత్రమూ ఇబ్బంది లేకుండా, ప్రమాదం లేకుండా అవి ఇటువంటి పనులు చక్కగా చేయగలవు.

అగ్నిమాపక కార్యాల్లో రోబోట్లు

నిచ్చెనలు ఎక్కి, దిగి, ఇటూ అటూ కదిలి పనులుచేసే రోబోట్లు అగ్నిప్రమాద సమయాల్లో ఎంతో ఉపయోగ పడతాయి. మండుతూన్న భవనాల్లోకి ఎక్కి, మంటల్లో చిక్కుపడ్డవారిని ఎత్తుకొని బయటకు తీసుకు రావడం, మంటలకి దగ్గరగా కూడా పోయి. నీళ్లూ, రసాయనాలూ చల్లి మంటలనార్పడం మొదలైన పనులు మానవులకంటె రోబోట్లు సమర్థవంతంగా చేయగలవు.

గనుల్లో పని

ఒక్కొక్కప్పుడు లోతైన గనుల్లో పనిచేసేటప్పుడు పెళ్లలు కూలి అవి మూసుకుపోవచ్చు. గనుల్లోపల విషవాయువు లుండవచ్చు. ప్రేలుళ్లు (Explosions) సంభవించవచ్చు. అటువంటి ప్రమాదభూయిష్ఠమైన చోట్ల మనుష్యుల బదులు రోబోట్లు ఎంతో ఉపయోగిస్తారు.

సముద్ర గర్భాలలో రోబోట్లు

సముద్ర జలాల్లో మానవుడింతవరకూ 100 మీ. కంటే లోతుకు పోలేదు.

అదికూడా, ప్రత్యేకమైన రక్షక కవచాలూ, మాస్కులూ, గాలి పీల్చుకొనే సాధనాలూ అన్నీ సమకూర్చుకున్న తర్వాతే. సముద్రాలు 2 కి.మీ. నుండి 6 కి.మీ. దాకా లోతుంటాయి. అంతలోతుకి పోయి అక్కడున్న నిధి నిక్షేపాలు పరిశీలించి పైకి తేవాలంటే, అది మానవులకి సాధ్యంకాదు. చేతులూ, కళ్లూ మొదలైన అవయవాలు (సెన్సర్లు) కల రోబోట్లు ఎంత లోతుకైనా పోయి పనిచేయగలవు. కొన్ని సంవత్సరాల క్రితం ఎయిర్ ఇండియా జంబోజెట్ విమానమొకటి ప్రమాదానికి లోనై ఇంగ్లండు తీరపు సముద్ర జలాల్లో కూలిపోవడం మీ రెరుగుదురు. దానిలోని బ్లాక్ బాక్సు (Black box) ఆ సముద్ర గర్భంలో పడిపోయింది. స్కారాబ్ (Scarab) అనే ఒక రోబోట్ ఆ నీళ్లలో మునిగి ఆ నల్లపెట్టెను వెదకి పట్టుకొని బయటికి తీసుకు వచ్చింది. విమానప్రమాద కారణాలూ మొదలైన ఎన్నో విషయాలు ఆ నల్లపెట్టెలోని సమాచారం వలన తెలిసాయి.

అంతరిక్ష పరిశోధన

అంతరిక్ష పరిశోధనలో రోబోట్లు ఎంతో సహాయపడతాయి. ఎన్నోవందల కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు భూమి చుట్టూ వివిధ కక్ష్యల్లో తిరుగుతూన్నాయి. వాటిలో ఏవైనా లోపాలుంటే బాగు చేసేందుకు రోబోట్లు ఎంతో ఉపయోగపడతాయి. గ్రహాంతరయానాలు చేసి, అక్కడి వింతలూ విశేషాలూ మనకి తెలియ చేయడంలో రోబోట్ల సహకారమూ, ఆవశ్యకతా ఇంతింతని చెప్పలేము. అమెరికన్లు ఎంతో ధన వ్యయం చేసి, చంద్రుడి మీదకు మనుష్యుల్ని పంపితే, రష్యన్లు ఇంతవ్యయమూ, ప్రమాదమూ లేకుండా; లూనోఖోడ్ (Lunokhod) అనే రోబోటుని చంద్రుడి మీద దింపారు. ఇది నడయాడే స్వచాలితమైన రోబోటు. ఇది చంద్రుడి మీది నేలను తవ్వి, ఆ మట్టినీ, రాళ్లనీ x-ray చేసీ, అనేక రసాయన పరీక్షలు చేసి ఆ ఫలితాలను రేడియో ద్వారా భూమి మీదకు పంపించింది. ఈ మధ్య అమెరికా పంపిన Voyager మిషన్లు తమ కార్యకలాపాలను ఇంత సమర్థవంతంగా నిర్వర్తించకలగ డానికి వాటిలో ఉంచిన రెండు రోబోట్లు సహకారమే।

వైద్యరంగంలో రోబోట్లు

ఆర్థోటిక్స్, ప్రోస్థెటిక్స్ (Orthotics, Prosthetics) అనేరెండు వైద్యశాఖల్లో

రోబోట్లూ, అవి పని చేసేందుకు వాడే శాస్త్రీయ సూత్రాలూ ఎంతో ఉపయోగపడతాయి. ప్రమాదాల్లో కాళ్లూ చేతులూ బాగా దెబ్బతినవచ్చు. ఒక్కొక్కప్పుడు వాటిని శస్త్రచికిత్స ద్వారా తీసివేయవచ్చు. ఆ విధంగా తీసివేయబడ్డ అవయవాలు స్థానే, కృత్రిమ అవయవాల్ని ఏర్పాటు చేసి పని చేయించవచ్చు. ఈ వైద్యశాఖని ప్రోస్థెటిక్స్ అంటారు.

సరీగా ఉన్న అవయవం కదిలేటప్పుడు ఉత్పన్నమైన ఎలెక్ట్రో మయోగ్రాఫ్ (Electro-myograph) కరెంట్లని కొలిచి, అధ్యయనం చేస్తే, అది ఆ విధంగా కదిలేందుకు మెదడు ఎంతకరెంటుని పంపుతుందో తెలుసుకోవచ్చు. కృత్రిమ అవయవాన్ని కదిపేందుకు ఈ సమాచారం చాల ఉపయోగపడుతుంది. రోబోటుకి సిగ్నల్సు ఇచ్చినడిపించినట్లే, ఈ కృత్రిమ అవయవానికి కూడా తగిన సిగ్నల్సు ఇచ్చి, అవసరమైన విధంగా కదపవచ్చు.

ఒక్కొక్కప్పుడు, పోలియోవంటి వ్యాధులవలన నరాలు దెబ్బతిని, కాలు చేతులు చచ్చుబడి పోవచ్చు. అటువంటప్పుడు పిల్లవాడు ఆ కాలు మీద నిలబడలేడు, నడవలేడు. వైద్యులు ఆ కాలుకి తగిన బ్రేసులు (Braces) అమర్చి. బలపరచి, నడిచేందుకు సహాయపడతారు. ఈ వైద్యశాఖని ఆర్థోటిక్స్ (Orthotics) అంటారు.

ప్రోస్థెటిక్స్‌లో జరిగినట్లే, ఆర్థోటిక్స్‌లో కాడా, తగిన సిగ్నల్సు ఇచ్చి, ఆ అవయవాన్ని సరీగా కదిలేలా చేయవచ్చు. ఒక్కొక్కప్పుడు ఈ సందేశాలు (సిగ్నల్సు) నోటిమాట ద్వారా కూడా ఇవ్వవచ్చు. రోబోట్లని నడిపే విధానాలే, సూత్రాలే ఇక్కడా ఉపయోగపడతాయి.

అతి సున్నితమైన శస్త్ర చికిత్సలో (Microsurgery) రోబోట్లు ఎంతో సాయపడతాయి.

ఆటలాడే రోబోట్లు

చదరంగం ఆడే రోబోట్లని గురించి చదివేం. రసెల్ యాండర్సన్ (Russell L. Anderson) అనే ఆయనటేబిల్ టెన్నిస్ ఆడే రోబోట్‌ని తయారు చేసేడు. ఈ ఆట ఆడే టేబిల్ సైజూ, ఆట నియమాలూ కొద్దిగా మార్చి, దానికి సరిపడేటట్లు ఈ రోబోట్‌ని తయారు చేసేడాయన. దీనిలో అతిసున్నితమైన సెన్సర్లు అమర్చేడు. వాటి సాయంతో, తనవైపు బంతి వచ్చేవేగాన్నీ, దిశనీ, ఆ బంతి యొక్క స్పిన్ (Spin) నీ, ఈ సెన్సర్లు కొలిచి, తన బేట్ (Bat) ని ఏ కోణంలో పట్టుకోవాలో, ఎంత బలంతో బంతిని కొట్టాలో, ఏ దిశలో కొట్టాలో

మొదలైన ఆ దేశాల్ని అతి స్వల్పకాలంలో రోబోట్‌కి తెలియజేసి, సరిగా ఆ బంతిని ప్రత్యర్థివైపు కొట్టేలా చేస్తాయి. ఈ విధంగా రోబోటు మానవప్రత్యర్థితో సమర్థవంతంగా ఆపి ఆడుతుంది. దీని మీద ఇంకా పరిశోధనలు చేసి, మామూలు సైజు టేబిల్ మీద, ఆ ఆట నియమాల్ని అనుసరించి ఆడే రోబోటుని తయారు చేయడంలో పరిశోధనలు సాగుతున్నాయి.

4

రోబోట్ల శిక్షణా విధానాలు

రోబోట్లని రకరకాల పనులకు ఉపయోగించవచ్చు. అయితే, అవి ఆయా పనులను ఎలా చేయాలో వాటికి నేర్పే దెట్లా? కార్మికుడు ఏదైనా పని చేయాలంటే శిక్షణ పొందాలి. వాటికి సంబంధించిన వివరాలు తెలుసుకుంటారు. ఆయాకార్యాలను చేసేవారిని గమనిస్తాడు. వారిని చూసి నేర్చుకుంటాడు. అతడి మేధస్సు ఈ విషయాల్ని గ్రహిస్తుంది. ఒక వస్తువు ఎక్కడుందో, దాన్ని చేరేందుకు ఏ దిశలో ఎంత దూరం కదలాలో, దాన్ని సమీపించి పట్టుకున్నాక, దాన్ని ఎక్కడ ఉంచాలో మొదలైన వివరాల్నీ, వేర్వేరు ఇంద్రియాల సాయంతో మెదడు తెలుసుకుంటుంది. దానిప్రకారం ఆయా అంగాలకి అవసరమైన రీతిలో కదిలేందుకు తగిన ఆదేశాలిస్తుంది. ఆ పని సరిగ్గా చేయడంలో అవసరమయే ఫీడ్ బ్యాక్‌ని వివిధ జ్ఞానేంద్రియాలు సమకూరుస్తాయి.

ఈ విషయాలన్నిటిలోనూ రోబోటు కూడా మనిషిని పోలి ఉంటుంది. ఒక పని ఎలా చేయాలో మనిషికి నేర్పినట్లే రోబోటుకీ నేర్పవచ్చు. కాని, రోబోటుకి ఒక పనినేర్పేటప్పుడు దాన్ని చిన్నచిన్న భాగాలుగా విభజించాలి. అప్పుడే అది దాన్ని గ్రహించగల్గుతుంది.

పారిశ్రామిక .రోబోట్లలో వాటిని శాసించి, సరిగా నడిపించే కంట్రోలరు ఉంటుంది. రోబోటుకి అందవలసిన ఆదేశాలన్నీ విపులంగా ఆ కంట్రోలరు మెమొరీలో (మెదడులో) జాగ్రత్త పరచబడి ఉంటాయి. ఉదాహరణకి : బల్లమీద రెండు ఇటికలున్నాయి. వాటిని ఒకదాని మీద ఒకటి ఉండేలా పేర్చాలి. ఇదీ, రోబోటు చేయవలసిన పని. "ఒక ఇటిక తీసి రెండో దానిమీద పెట్టు" అంటే చాలదు విపులమైన ఆదేశాలు ఈ క్రింది విధంగా ఇయ్యాలి:

1. ఎండ్ ఎఫెక్టరు గ్రిప్పరు ఒక ఇటిక మీదకు వచ్చేలా నీమేనిప్యులేటరుని కదుపు.

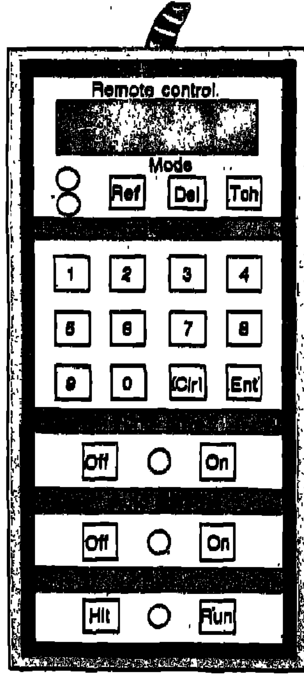
2. నీ గ్రిప్పరు వేళ్లమధ్యకి ఆ ఇటిక వచ్చేలా మేనిప్యులేటరుని దించు.
3. గ్రిప్పరు వేళ్లతో ఇటికను పట్టుకో.
4. ఆ ఇటికతో సహా నీ గ్రిప్పరుపైకి లేచేలా మేనిప్యులేటరుని లేపు.
5. ఇటిక పట్టుకున్న గ్రిప్పరు రెండో ఇటిక పైకి వచ్చేలా మేనిప్యులేటరుని కదుపు.
6. గ్రిప్పరులో ఉన్న ఇటిక సరిగా రెండో ఇటిక మీదికి వచ్చి, దానికి తగిలే దాకా మేనిప్యులేటరుని దించు.
7. గ్రిప్పరు వేళ్లను వదులుచేయి.
8. మొదటి ఇటిక రెండో ఇటిక మీద కూర్చున్నాక, మేనిప్యులేటరుని ప్రక్కకు కదుపు.

అతి చిన్న పనిని కూడా ఈ విధంగా చిన్న చిన్న భాగాలుగా విభజించి రోబోటుకి ఆ దేశాలివ్వడంతోపాటు ప్రతి అడుగులోనూ మేనిప్యులేటరు ఎంత వేగంతో కదలాలో కూడా ఖచ్చితంగా తెలియ చేయాలి. ఇంతకంటే క్లిష్టమయిన పనులకి ఇటువంటి వందలకొద్దీ ఆదేశాలివ్వవలసి ఉంటుంది; మేనిప్యులేటరు వేగం అడుగడుక్కీ అతి నిక్కచ్చిగా, సున్నితంగా నిర్ణయించి ఆదేశాలివ్వవలసి వస్తుంది. ఈ విధంగా రోబోటుకి పని నేర్పే విధానం చాలకాలం పట్టవచ్చు.

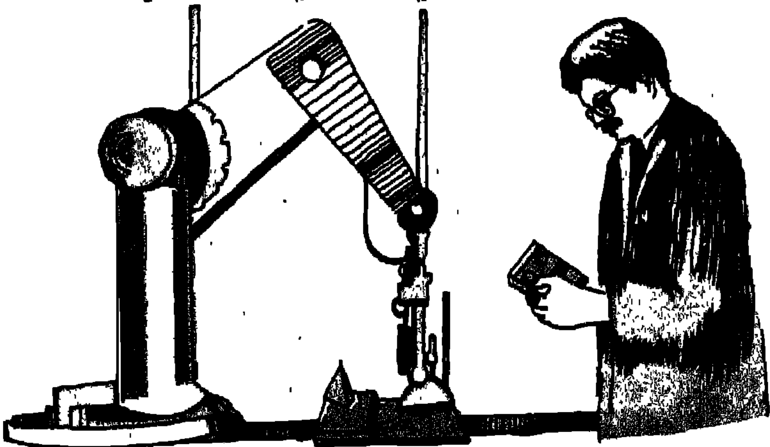
రోబోటుకి ఒక పని ఎలా చేయాలో పైన చెప్పినట్లు ఆ పనిని అనేక భాగాలుగా విడకొట్టి నేర్పవచ్చు; అవి ఏఏ వరుసక్రమంలో చేయాలో ఆ దేశించవచ్చు. అయితే, ఈ శిక్షణ రకరకాలుగా ఇవ్వవచ్చు. రోబోట్లు తయారు చేసే కంపెనీలూ, పరిశోధకులూ, ఈ శిక్షణా కాలాన్ని తగ్గించి. ఇంకా నిర్దుష్టంగా ఈ పనులు చేయించేందుకు ప్రయత్నాలు చేస్తున్నారు. ప్రస్తుతం మూడురకాల శిక్షణా పద్ధతులు అమలులో ఉన్నాయి.

ప్రత్యక్ష శిక్షణా విధానం

వైర్ల ద్వారా రోబోటుకి తగిలించి ఉన్న రిమోట్ కంట్రోలు బాక్సు ఒకటి ఉంటుంది. దీన్ని టీచ్ బాక్సు (శిక్షణ నిచ్చే పెట్టె) లేక టీచ్ పెండెంటు (teach pendent) అంటారు. ఈ రిమోటు కంట్రోలు బాక్సులో రోబోటు లింకుల్ని కదిపే ప్రతి మోటారుకీ రెండేసి బటన్లుంటాయి. ఒకటి నొక్కితే ఆ మోటారు ఒక దిశలోనూ, రెండవది నొక్కితే దానికి వ్యతిరేక దిశలోనూ తిరుగుతుంది.



బొమ్మ 27: ఎ. టీచ్ బాక్సు. బి. టీచ్ బాక్సు పియుఎమ్ఎ రోబోటు.



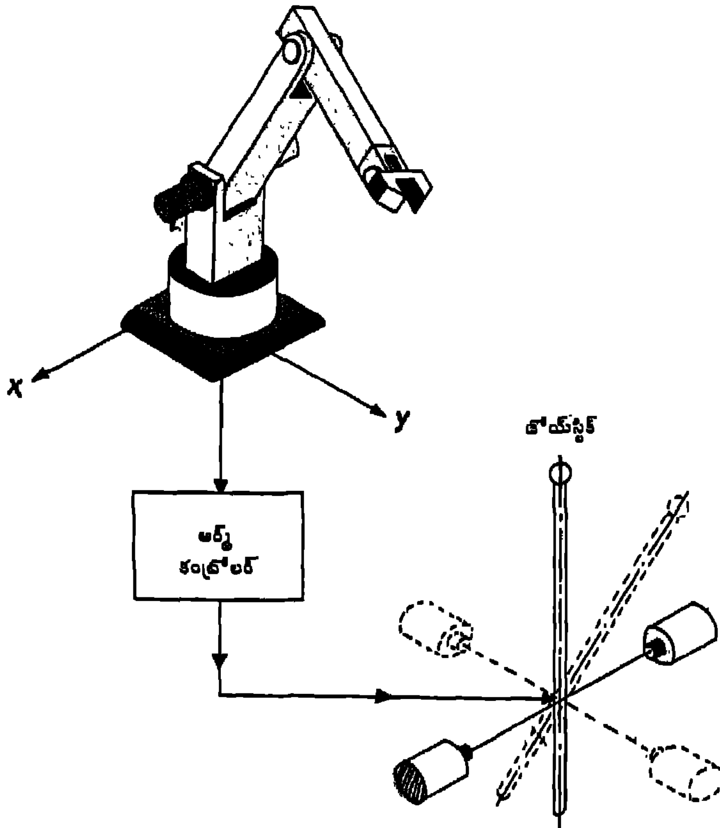
బొమ్మ 28: టీచ్ బాక్సు సాయంతో శిక్షణ.

ఆ బటన్లు నొక్కుతూ రోబోటు మోటార్లని అవసరమైనప్పుడు అవసరమైన దిశల్లో కదపవచ్చు. 27వ బొమ్మలో ఇటువంటి టీచ్ బాక్సుని చూడవచ్చు. 28వ బొమ్మలో దీనినుపయోగించి ఒక ఆపరేటరు రోబోటుకి శిక్షణ నివ్వడం చూడవచ్చు.

ఆపరేటరు సరియైన బటన్లు సరియైన వరుసక్రమంలో నొక్కి రోబోటు చేత పని చేయిస్తాడు. రోబోటు మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్ఎఫెక్టరూ, గ్రిప్పరూ ఆయా వరుసక్రమంలో, ఆయా దిశల్లో శాసించిన విధంగా కదుల్తాయి. ఈ వివరాలూ, అవి కదిలే వేగాలూ, ఒక కదలికకీ, దానీ తర్వాత కదలికకీ మధ్య ఉండవలసిన అంతరమూ మొదలైన వివరాలన్నీ రోబోటు మెమొరీలో భద్రపరుపబడతాయి. ఈ విధంగా శిక్షణ పూర్తి అయ్యేక, "ఈ పని చేయి" అని 'Execute' బటన్‌ని నొక్కితే, ఆ రోబోటు ఆ పనిని తనకి నేర్పిన విధంగా చక్కగా చేస్తుంది. ఎన్నిమార్లు చేయమన్నా ఒక్క విషయం కూడా మరచిపోకుండా అలా చేస్తూనే ఉంటుంది. శిక్షణా కాలంలో ఇచ్చిన ఆదేశాలన్నీ మెమొరీలో భద్రపరచాంకదా? ఆ వివరాల ప్రకారం కంట్రోలరు రోబోటుని నడుపుతుంది. ఇక అటువంటి పని అవసరం లేకపోతే మెమొరీలో ఉన్న వివరాల్ని తుడిపేసి, కొత్త పనికి అవసరమైన ఆదేశాల్ని, దానిలో జాగ్రత్త పెట్టవచ్చు.

ఈ విధంగా "రిమోట్ కంట్రోల్ టీచ్ బాక్సు" నుపయోగించి శిక్షణ నివ్వడంలో ఒక ముఖ్యమైన లోపం ఉంది. ఒక మోటారుకు సంబంధించిన బటను నొక్కిన తర్వాత మరొక కదలికకి ఇంకో బటను నొక్కాలి. అంచేత, ఆపరేటరు దృష్టి ఆ టీచ్ బాక్సూ, దానిమీద ఉన్న బటన్ల మీదే ఉండాలి. అప్పుడే, సరియైన బటన్లని సరియైన వరుస క్రమంలో నొక్కగల్గుతాడు. మొదట కదిలిన మోటారు తనలింకుని ఎంతదూరం కదిపిందో, ఎక్కువ కదిపిందా, తక్కువ కదిపిందా? అనే వివరాలు అతడు చూడలేడు (అతడి దృష్టి టీచ్ బాక్సు మీదే ఉంది కనుక!). అందుచేత రోబోటు అంగాల కదలికలలో కొన్ని హెచ్చు తగ్గులు రావచ్చు. అనుభవం మీద. అతడు ఈ లోపాల్ని అధిగమించి సరీగా శిక్షణ నివ్వగల్గు తాడు. కాని, దీనికి ఎక్కువ కాలం పడుతుంది.

ఈ ఇబ్బంది నుంచి బయట పడేందుకు మరొక శిక్షణా పద్ధతి నుపయోగించవచ్చు. దీనిలో టీచ్ పెండెంటు బదులు "జోయ్‌స్టిక్" (Joystick) నుపయోగించి శిక్షణ నిస్తారు. ఈ పద్ధతిలో ఒక రోబోటుకి శిక్షణ



బొమ్మ 29: జాయ్‌స్టిక్ సాయంతో రోబోట్‌కి శిక్షణ నివ్వడం.

నివ్వడం 29వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. విమానాల్ని నడిపేందుకు పైలట్లు కూడా ఇటువంటి 'జాయ్‌స్టిక్'నే ఉపయోగిస్తారు.

ఈ జాయ్‌స్టిక్‌ని ఒక దిశలో కదిపితే ఒక స్విచ్చీ, మరొక దిశలో కదిపితే మరొక స్విచ్చీ పని చేస్తాయి. ఈ విధంగా జాయ్‌స్టిక్ దిశని మారిస్తే వేరు వేరు మోటార్లు వేరువేరు దిశల్లో తిరుగుతాయి. కొద్దిపాటి అనుభవంతో ఏ మోటారుని ఏ దిశలో తిప్పేందుకు జాయ్‌స్టిక్‌ని ఎలాకదపాలో ఆపరేటరు నేర్చుకుంటాడు. జాయ్‌స్టిక్ ఆపరేటర్ చేతిలోనే ఉంటుంది కనక దానివైపు

చూడకుండానే దాన్ని అవసరమైన దిశలో కదపగల్గుతాడు. అతడి దృష్టి అంతా రోబోటు మీద, దాని కదలికల మీదే కేంద్రీకరింపబడి ఉంటుంది. ఈ విధంగా మేనిప్యులేటరునీ, ఎండ్ఎఫెక్టరునీ, గ్రిప్పరునీ, వాటి కదలికల్నీ జాగ్రత్తగా గమనిస్తూ జోయ్‌స్టిక్‌ని అవసరమైన రీతిలో కదపగల్గుతాడు.

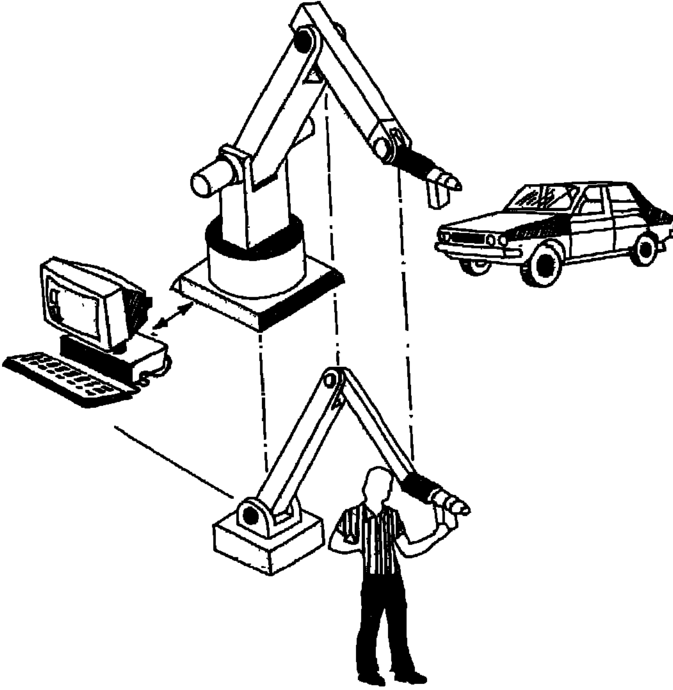
చేత్తో పట్టుకొని కదుపుతూ శిక్షణ నివ్వడం

రోబోట్ అవయవాల్ని చేత్తో పట్టుకొని కదుపుతూ శిక్షణ నివ్వడం రెండో పద్ధతి. మొదటి పద్ధతిలో (టీచ్ బాక్సు నుపయోగించినా, జోయ్‌స్టిక్ వాడినా) రోబోట్ అంగాలు ఏ వరుసక్రమంలో ఏ దిశల్లో ఎంతెంత కదలాలో నేర్పడం అనుభవం లేనివారికి కొంచెం ఇబ్బందిగానే ఉంటుంది. ఒక్కొక్కపుడు రోబోట్ మేనిప్యులేటరు ఎక్కువగా కదలవచ్చు; ఒక్కొక్కప్పుడు తక్కువగా కదలవచ్చు. ఈ పొరపాట్లు సరిదిద్దుకొనేందుకు ఆ వరుసక్రమాన్ని సరిగావచ్చేవరకూ మళ్లీ మళ్లీ చేస్తూండాలి. ఈ ఇబ్బందులు లేని శిక్షణా పద్ధతి మరొకటి ఉంది. రోబోటు యొక్క ఏ అంగం, ఏ దిశలో ఎంతదూరం కదలాలో దాన్ని పట్టుకొని కదిపి చూపించడమే ఈ పద్ధతి. ఈ పద్ధతిలో, ఆపరేటరు రోబోటు హస్తాన్ని తన చేత్తో పట్టుకొని, అది ఒక పని చేసేందుకు ఏ దిశలో ఎంతదూరం కదలాలో తనే కదుపుతాడు. ఈ విధంగా అది చేయవలసిన కదలికలన్నీ తనే చేత్తో పట్టుకొని, చేసి చూపిస్తాడు. ఆయా అంగాలలో ఉన్న సెన్సర్ల ద్వారా ఏ కీలు ఎలా కదులుతూందో, ఏ లింకు ఎంతదూరం కదిలిందో, అవి కదిలేవరుసక్రమాల్నీ వేగాల్నీ కంట్రోలరు జాగ్రత్తగా గమనించి, ఆ వివరాలన్నీ తన మెమొరీలో భద్రపరచుకుంటుంది. ఈ శిక్షణ జరుగుతున్నంతసేపూ, రోబోటులోని మోటార్లేవీ పనిచేయవు. ఒకసారి శిక్షణ పూర్తి అయేక, "ఇప్పుడు నేను నేర్పిన పనిచేయి" అని ఆదేశించగానే కంట్రోలరు ఆ మోటార్లన్నింటినీ "ఆన్" (on) చేస్తుంది; తను గ్రహించి, దాచి ఉంచుకున్న వివరాల ప్రకారం ఆ మోటార్లని నడిపించి, రోబోటు చేత ఆ పని సరిగా చేయిస్తుంది. ఆ పని ఇక ఎన్నిసార్లు చేయమన్నా రోబోటు చేయగల్గుతుంది.

ఈ విధమైన శిక్షణా పద్ధతిలో కూడా లోపాలు లేకపోలేదు. మొదటిది, రోబోటు అవయవాలు అంటే, దాని మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్ఎఫెక్టరూ, గ్రిప్పరూ బరువుగా ఉంటాయి. కీళ్లవద్దా, మోటార్లనీ కీళ్లనీ కలిపే గేర్లూ,

గొలుసులూ, చక్రాలవద్ద రాపిడి ఉంటుంది. ఆపరేటరు రోబోటు హస్తాన్ని తనచేతితో పట్టుకొని కదిపేటప్పుడు ఈ వ్యతిరేక బలాల్ని అధిగమించాలి. రెండవది; ఈ శిక్షణా సమయంలో క్షణక్షణానికీ కీళ్ల కదలికా, మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్ఎఫెక్టర్లూ ఉండే స్థలమూ, అవి కదిలే దిశ, వాటి వేగమూ మొదలైన వివరాలు, వందలు, వేల సంఖ్యలో భద్రపరచుకొనేందుకు రోబోటు మెమొరీ చాలపెద్దదై ఉండాలి. అప్పుడే అది ఈ వివరాలన్నీ జ్ఞాపకం పెట్టుకొని రోబోటుచేత సరిగా పనిచేయించ గల్గుతుంది. అతి సున్నితమైన పనులు చేయవలసిన మధ్య తరగతీ, పెద్దతరగతీ రోబోట్లకి శిక్షణ ఇచ్చేటప్పుడు పైన చెప్పిన లోపాల్లో మొదటిది మరీ కొట్టవచ్చినట్లు కనిపిస్తుంది. అటువంటప్పుడు ఆ మేనిప్యులేటరు బరువుకి సమానమైన బరువుని కౌంటర్ వెయిట్‌గా ఉపయోగిస్తే, మేనిప్యులేటర్‌ని సునాయాసంగా కదపవచ్చు. ఇంతకంటె మంచి పద్ధతి మరొకటి ఉంది.

అసలు రోబోటుని అన్ని విధాలా పోలి ఉన్న మరియొక్క రోబోటును ఉపయోగించడం ఈ పద్ధతి, ఈ రెండవ రోబోటు సర్వవిధాలా పనిచేయవలసిన మొదటి రోబోటుని పోలి ఉంటుంది. ఈ రెండింటి భాగాలూ అంటే, మేనిప్యులేటర్లూ, ఎండ్ఎఫెక్టర్లూ, గ్రిప్పులూ, అన్నీ కొలతల్లో ఒకే విధంగా ఉంటాయి. కాని, బరువులో మాత్రం రెండవ దాని భాగాలు మొదటి దాని భాగాలకంటే చాల తేలికగా ఉంటాయి. తేలిక భాగాలుగల ఈ రెండవ రోబోట్‌ని "మాస్టర్ రోబోటు" అనీ, అసలు పని చేయవలసిన మొదటి రోబోట్‌ని 'బానిస రోబోట్' (Slave Robot) అనీ అంటారు. మాస్టర్ రోబోట్‌లో కీళ్లనీ, అంగాల్ని కదిపే మోటార్లు, గేరులూ, గొలుసులూ ఉండవు. దీని మేనిప్యులేటరు తేలికగా, సున్నితంగా కదిపేందుకు వీలుగా ఉంటుంది. ఈ మాస్టర్ రోబోటు లింకులన్నిటి దగ్గరా ప్రత్యేకమైన సెన్సర్లు అమర్చబడి ఉంటాయి. మాస్టరు రోబోటు లింకులన్నీ బానిస రోబోటు లింకులంత పొడవే ఉంటాయి. అసలు, పనిచేసేది బానిస రోబోటే. శిక్షణ సమయంలో ఆపరేటరు మాస్టరు రోబోటు హస్తాన్ని పట్టుకొని, కదుపుతూ, దాని చేత చేయవలసిన పనులన్నీ చేయిస్తాడు. దాని అంగాలు చాల తేలికగా ఉంటాయి కనక, సునాయాసంగా వాటిని కదపగల్గుతాడు. దీని కదలికలన్నీ కంప్యూటరు మెమొరీలో భద్రపరుపబడతాయి. శిక్షణ అయిపోయేక పని చేయవలసినది 'బానిస రోబోటే'. "ఈ పని చేయి" అని ఆదేశం ఇవ్వగానే, కంప్యూటర్



బొమ్మ 30: మాస్టర్ రోబోట్ సాయంతో రోబోటుకి స్ప్రే పెయింటింగుతో శిక్షణ నివ్వడం.

మెమొరీలోని సమాచారం ప్రకారం బానిన రోబోట్‌లోని మోటార్లు కదలడం ప్రారంభించి, రోబోటు హస్తాన్ని అవసరమైన రీతిలో కదుపుతాయి. పని జరిగిపోతుంది. మాస్టరు రోబోటూ, బానిన రోబోటూ కూడా ఒకే కంప్యూటర్ చేత నియంత్రించ బడతాయి. 30వ బొమ్మలో మాస్టర్ రోబోటునుపయోగించి, బానిన రోబోటుకి శిక్షణ నివ్వడం చూడవచ్చు.

ప్రమాదకర వాతావరణంలో ఉన్న బానిన రోబోటు చేతకూడా సురక్షిత స్థానంలో ఉన్న మాస్టర్ రోబోటు పని చేయించగల్గుతుంది.

రోబోటు హస్తాన్ని చేత్తో కదుపుతూ శిక్షణనిచ్చే ఈ పద్ధతిలో ఉన్న మొదటి లోపాన్ని సరిదిద్దేందుకు మరో మార్గముంది. రోబోట్ ఎండ్ ఎఫెక్టర్‌కి ఒక "ఫోర్స్ సెన్సర్" (Force Sensor) ని తగిలిస్తారు. అప్పుడు ఈ పద్ధతిని

"ఫోర్సు సెన్సర్‌ను ఉపయోగించి చేత్తో కదుపుతూ శిక్షణ నివ్వడం" (Teach by guiding using a force sensor) అంటారు. ఆపరేటరు ఎండ్‌ఎఫెక్టర్‌ని పట్టుకొని, మేనిప్యులేటర్‌ని కదుపుతాడు. ఈ పనిలో అతడు ఎండ్‌ఎఫెక్టర్ మీద కొంత బలాన్ని ప్రయోగిస్తాడు. దానికి తగిలించి ఉన్న సెన్సర్ ఈ బలాన్ని కొలిచి, దాన్ని విద్యుత్ ప్రవాహంగా మార్చి రోబోట్ మోటార్లని తగ్గిన దిశలో నడుపుతుంది. ఆపరేటరు మేనిప్యులేటర్‌ని కదిపేందుకు విశేష బలం ఉపయోగించనక్కరలేదు. ఈ సెన్సర్ సాయంవలన మెమొరీలో భద్రపరుచబడే కొలతలు చాల ఖచ్చితంగా ఉంటాయి. ఈ నదుపాయం ఉన్నా, ఈ పద్ధతి చాల ఖరీదైనది. సెన్సరూ, దానికి సంబంధించిన సర్క్యూట్లు ఏర్పాటు చేయడం చాల ఖర్చుతో కూడినపని. పైగా, ఈ సెన్సరు శిక్షణ కాలంలో మాత్రమే ఉపయోగపడుతుంది. రోబోటు తనపనులను తాను చేసేటప్పుడు దీని అవసరంలేదు. కొద్దికాలం మాత్రమే ఉపయోగపడే ఈ సెన్సర్‌ని ఏర్పాటు చేయడం లాభదాయకం కాదు.

పైన వివరించిన రెండు శిక్షణా పద్ధతుల్లోనూ కూడా, శిక్షణా కాలంలో రోబోటు మేనిప్యులేటరు అవసరమైన రీతిలో కదులుతూ ఉంటుంది.

రోబోటు మేనిప్యులేటర్ కదలకుండానే రోబోటుకి శిక్షణ నిచ్చే పద్ధతి మరొకటుంది.

పరోక్ష శిక్షణా విధానం

ఈ పద్ధతిని ప్రోగ్రామింగ్ పద్ధతి ద్వారా శిక్షణ నివ్వడం (Programming Method of Teaching) అంటారు. ఈ పద్ధతిలో ఆపరేటరు రోబోటు హస్తాన్ని పట్టుకోడు; కదపడు. శిక్షణ అంతా ప్రోగ్రామింగ్ ద్వారానే జరుగుతుంది. మేనిప్యులేటరు ఏ దారిలో కదలాలో ఆ మార్గంలో ఉండే బిందువులన్నిటినీ తెలియచేసే గణిత సమీకరణాల్ని కంట్రోలర్‌కి అందచేస్తారు. మేనిప్యులేటరూ, ఎండ్‌ఎఫెక్టరూ ఏ మార్గంలో కదలాలో, ఏక్షణంలో అవి ఏ బిందువుల దగ్గర ఉండాలో, ఈ సమీకరణాల ద్వారా కంట్రోలర్‌కి తెలిసిపోతుంది. ఉదాహరణకి : మేనిప్యులేటరు ఒక స్థానంనుంచి మరోస్థానానికి ఋజు మార్గంలో కదలాలనుకోండి, $y = mx + c$ అనే సమీకరణం ఋజు రేఖని తెలియజేస్తుంది. దీనిలో x, y అనేవి ఒక నమతలంలో ఋజురేఖమీద ఉండే బిందువుల వివరాలు (co-ordinates) ఆ ఋజురేఖ x అక్షంతో చేసేవాలుని

'm' తెలియ చేస్తుంది. y అక్షంతో ఆ ఋజురేఖ చేసే "అంతరఖండాన్ని" (intercept) 'c' తెలియ చేస్తుంది. మేనిప్యులేటర్ కదలవలసిన మార్గం ఋజురేఖా మార్గమే కానక్కరలేదు. ఆ మార్గం ఏ రూపంలో ఉన్నా ఇదేవిధంగా తగిన సమీకరణం ద్వారా దాన్ని నిర్వచించవచ్చు. ప్రారంభ బిందువూ (initial point) అంతిమ బిందువూ (final point) వీటిని కలిపే మార్గపు సమీకరణమూ తెలిస్తే, ఆ దారిలో ఉండే అన్ని బిందువుల వివరాల్ని (coordinates) కంప్యూటరు గణించకలదు. మరొక ప్రోగ్రామింగ్ ద్వారా ఏయేకీలు ఏ దిశలో ఎంతసేపు కదలాలో కూడా కంప్యూటరు గ్రహించకలదు. ఈ వివరాలన్నీ ఒకసారి కంప్యూటర్ మెమొరీలో నిక్షిప్తమయ్యాక, 'ఫలానా పనిచేయి' అని ఆదేశం ఇవ్వగానే రోబోటు ఆ పని చేస్తుంది.

ఈ శిక్షణా పద్ధతిలో చాల సౌకర్యాలు ఉన్నాయి:

1. ప్రోగ్రామింగ్ పద్ధతివలన కాలము శ్రమ ఆదా అవుతుంది. పైగా, రోబోటు ఒక కార్యంలో నిమగ్నమయి ఉన్నపుడు, దాన్ని ఆ పని చేయనిస్తూనే కొత్త పని నేర్పవచ్చు. శిక్షణని ఇస్తున్నంతసేపు దాన్ని ఆ పని మాన్పించనక్కర లేదు.

2. దాని అవయవాలు కదలవలసిన మార్గంలోని బిందువుల్ని నిర్ధారించే సమీకరణాల సాయంతో ఈ ఒక్క రోబోటునే కాక, అటువంటి అనేక ఇతర రోబోట్లని కూడా అవి ఒక దానితో మరొకటి నిర్మాణంలో కొద్దిగా తేడాలున్నా ఒకే కాలంలో శిక్షణ నివ్వవచ్చు.

5

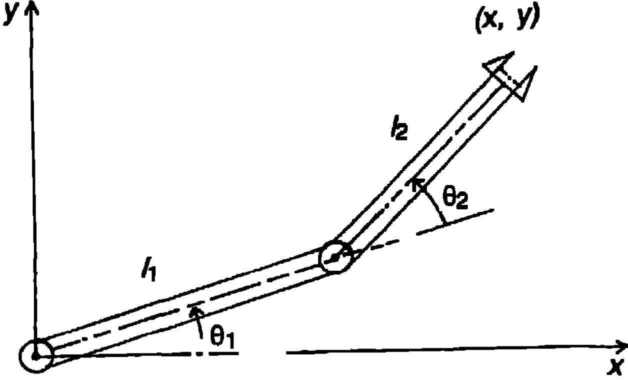
రోబోట్ల విశ్లేషణ, నియంత్రణ

క్రిందటి ప్రకరణంలో రోబోట్లకి శిక్షణనిచ్చే వేరువేరు పద్ధతులను గురించి తెలుసుతున్నాం. అవి చదివేక, "ఓస్! రోబోట్లకి శిక్షణ నివ్వడము, వాటిని నియంత్రించి పని చేయించడమూ ఇంత తేలికా?" అనిపిస్తుంది. కాని, రోబోట్ల నియంత్రణ అనుకున్నంత సులభంకాదు. శిక్షణా పద్ధతులు చాలతేలికే అనిపించినా, రోబోట్లని నియంత్రించేటప్పుడు మరెన్నో అవ్యక్త విషయాల్ని గమనించాల్సి వస్తుంది. రోబోటు లింకుల ద్రవ్యమూ (mass), వాటి స్థబ్ధతా (inertia), కీళ్ల దగ్గర రాపిడీ (friction) మొదలైన ఎన్నో విషయాలు మన అంచనాల్ని తారుమారు చేస్తాయి. ఈ అన్ని విషయాల్ని కూడా సరీగా గమనించి, లెక్కలోకి తీసుకుంటేనే కాని, రోబోటు నియంత్రణ సవ్యంగా జరగదు.

మేనిప్యులేటర్‌ని ఖచ్చితంగా, ఏ మాత్రమూ హెచ్చు తగ్గులు లేకుంగా నియంత్రించ గల్గాలంటే, రోబోట్ మేనిప్యులేటర్ యొక్క సంపూర్ణ విశ్లేషణ అవసరం, ఈ విశ్లేషణలో మేనిప్యులేటరు యొక్క ఆకార విశేషాలేకాక, దాని 'దవ్యమూ, స్థబ్ధతా, రాపిడీ మొదలైన ఎన్నో విషయాలు దృష్టిలో ఉంచుకోవాలి. ఈ గ్రంథంలో ఇవన్నీ విపులంగా చర్చించడం సాధ్యంకాదు.

అతి సామాన్యమైన ఒక రోబోట్ మేనిప్యులేటర్‌ని నియంత్రించడంలో ఉండే సాధక బాదకాలు తెలుసుకుంటే, ఈ విషయం బోధపడుతుంది.

31వ బొమ్మలో చూపించిన అతి సామాన్యమైన మేనిప్యులేటర్‌ని గమనిద్దాం, దీనికి రెండు లింకులూ, రెండు కీళ్లూ ఉన్నాయి. ఈ లింకుల పొడవులు l_1, l_2 అనుకుందాం. రెండు కీళ్లకీ రెండు మోటార్లు తగిలించ బడ్డాయి. వాటి సాయంతో ఈ లింకులు రెండూ కూడా, ఈ బొమ్మయొక్క సమతలంలో (in the plane of this figure) ఇటూ, అటూ తిరగగల్గుతాయి. మొదటి



బొమ్మ 31: రెండు లింకుల ఆర్టిక్యులేటర్ ప్లానార్ మేనిప్యులేటరు.

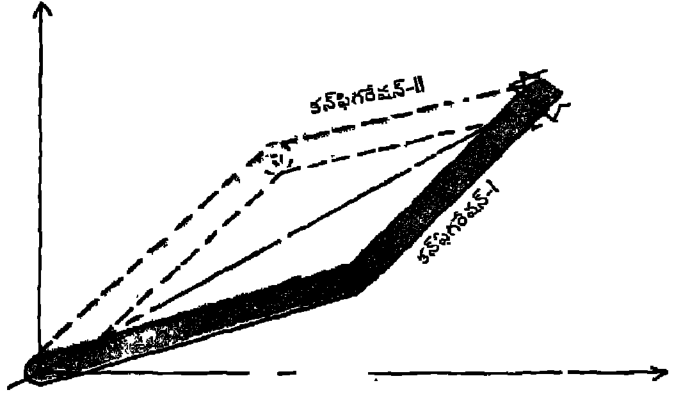
కీలుయొక్క కేంద్రంలో నుంచి x, y అక్షాలున్నాయనుకుందాం. రెండవ లింకు చివర ఎండ్ఎఫెక్టరు ఉంటుంది. ఈ రెండు మోటార్లు ఒకేసారి తిరిగినప్పుడు, ఈ రోబోటు మేనిప్యులేటరు x, y అక్షాల సమతలంలోనే, ఇటూ అటూ తిరగ గల్గుతుంది. ఇటువంటి దాన్ని "ఒకే సమతలంలో రెండు ఐచ్ఛిక చలనాలు గల మేనిప్యులేటరు" (A two-degrees-of-freedom planar manipulator) అంటారు. ప్రారంభంలో ఆ రెండు లింకుల అక్షాల ఒకే ఋజురేఖలో x అక్షం వెంబడి ఉన్నాయనుకుందాం. అవి కొంతదూరం కదలినపుడు వాటి స్థానాల్ని వాటి అక్షాలు. చేసే కోణాల్నిబట్టి నిర్ణయించవచ్చు. మొదటి లింకు అక్షానికీ, x అక్షానికీ మధ్యగలకోణం' θ_1 అనీ, రెండవ లింకు అక్షానికీ మొదటి లింకు అక్షానికీ మధ్యకల కోణం θ_2 అనీ అనుకుందాం. ప్రదక్షిణ దిశలో తిరిగితే ఏర్పడ్డ కోణాన్ని ఋణ సంజ్ఞతోనూ (-); అ ప్రదక్షిణ దిశలో తిరిగితే ఏర్పడ్డ కోణాన్ని ధనసంజ్ఞ (+) తోనూ సూచిస్తారు. బొమ్మలో చూపిన θ_1, θ_2 కోణాలు రెండూ ధనకోణాలే. ఈ కోణాలు రెండూ తెలిస్తే, రోబోటు మేనిప్యులేటరు చివర ఉన్న ఎండ్ఎఫెక్టరు స్థానం నిర్ణయించవచ్చు. ఈ బిందువు (x, y) దానివివరాలు (coordinates) తెలియచేస్తాయి. కీళ్ల కోణీయ వివరాలూ ($\emptyset_1$, $\emptyset_2$); లింకుల పొడవులూ (l_1, l_2) తెలిస్తే ఎండ్ఎఫెక్టరు వివరాలు (x, y) తెలుసుకోవడం సులభం. ఈ (x, y) వివరాల్ని (coordinates)

"world coordinates" అంటారు. θ_1, θ_2ల విలువల్నిబట్టి (x, y) వివరాలు గణించడాన్ని "సవ్యచలన సమస్య" (forward kinematic problem) అంటారు. θ_1, θ_2ల వివరాలు తెలిస్తే, వాటికి సరిపడే ఒకే ఒక స్థానంలో ఎండ్ఎఫెక్టరును ఉంచగలుగుతుంది.

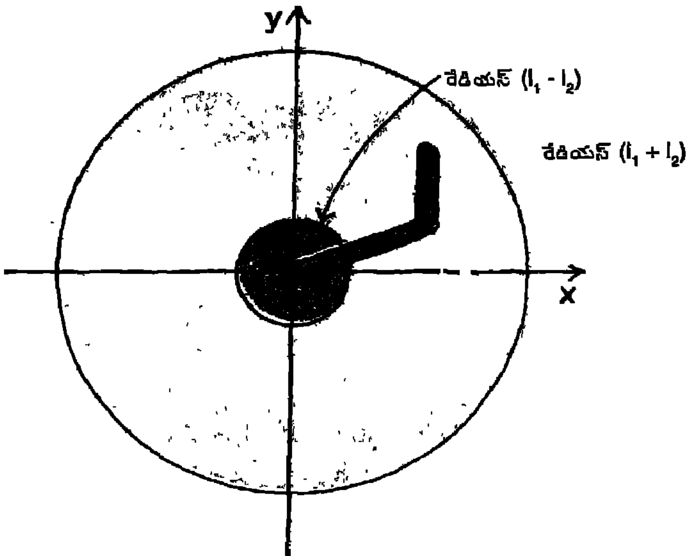
సాధారణంగా ఇటువంటి 'సవ్యచలన సమస్యలు' మనకి అగతగలవు. "ఇంతింత కోణాల్లో (θ_1, θ_2) లింకుల్ని కదిపితే, ఎండ్ఎఫెక్టరు ఏ బిందువుని చేరుతుంది?" అనే సమస్యనే మనం సాధారణంగా ఎదుర్కొంటాం. ఇది మొదటి సమస్యకి వ్యతిరేకం. అందుచేత దీన్ని "అపసవ్యచలన సమస్య" (Inverse Kinematic Problem) అంటారు. ఉదాహరణకి: ఒక వస్తువు ఒక బిందువుదగ్గర ఉందనుకోండి. ఆ బిందువు వివరాలు world coordinates (x_1, y_2) అనుకుందాం. రోబోటు మేనిప్యులేటరు లింకులు ఎంతెంత కోణాల్లో (θ_1, θ_2) కదిపితే, దాని ఎండ్ఎఫెక్టరు ఆ బిందువుని చేరగల్గుతుంది? ఇదీ మనసమస్య, 'అపసవ్యచలన సమస్యకి' ఒకే ఒక నిర్దుష్ట సమాధానం ఉండదు. ఒకటికంటె ఎక్కువ సమాధానాలుండవచ్చు. ఒక్కొక్కప్పుడు ఇటువంటి సమస్యకు సమాధానమే లేకపోవచ్చు. అది ఎలాగో చూద్దాం.

32, 33 బొమ్మలను పరిశీలిస్తే, ఈ విషయం బోధపడుతుంది. ఒకే ఒక నిర్ణీత బిందువుని (x, y) చేరేందుకు మేనిప్యులేటరు లింకులు తిరగవలసిన కోణాలు (θ_1, θ_2) వేరువేరుగా ఉన్న సంగతి 32వ బొమ్మలో చూడవచ్చు. మేనిప్యులేటరు రెండు వేర్వేరు విధాలుగా తిరిగి కూడా ఒకే బిందువుని (x, y) చేరగల్గడం చూస్తామిందులో. (x, y) వివరాలు తెలిస్తే, దానిని చేరేందుకు అవసరమైన కోణాల విలువలు (θ_1, θ_2)లు వేరువేరుగా ఉన్నట్లు స్పష్టం అవటంలేదూ?

"ఒకే సమతలంలో రెండు ఐచ్ఛిక చలనాలు"గల మేనిప్యులేటరు 33వ బొమ్మలో చూపబడింది. ఈ మేనిప్యులేటరుకున్న రెండు లింకుల్లోనూ, రెండవదాని పొడవు మొదటి దాని పొడవుకంటే తక్కువ ఇందులో ($l_2 < l_1$) ఈ రెండు లింకులూ ఒకే ఋజురేఖలో ఉండేటట్లు ($\theta_2 = 0$) మేనిప్యులేటర్ని కదిపితే, దాని ఎండ్ఎఫెక్టరు ($l_1 + l_2$) వ్యాసార్థంకల వర్తులపు పరిధి మీద ఉన్న బిందువులన్నిటినీ చేరగల్గుతుంది. రెండవ లింకుని మొదటిదాని మీదకు వచ్చేలా వెనక్కు మడిచి ($\theta_2 = 180^\circ$) తిప్పితే, ఎండ్ఎఫెక్టరు ($l_1 - l_2$) వ్యాసార్థంకల వర్తుల పరిధిమీది బిందువుల్ని చేరగల్గుతుంది. l_1, l_2ల



బొమ్మ 32: అవసవ్య చలన సమస్యకిగల రెండు సమాధానాలు.



బొమ్మ 33: మేనిప్యులేటరు కార్యస్థలం.

మధ్యకోణం (θ_2) విలువ ఏదైనా, ఎండ్ఎఫెక్టరు పైన చెప్పిన రెండు వృత్తాల మధ్య ప్రదేశంలోగల ఏ బిందువు నైనా చేరగల్గుతుందేకాని, పెద్ద వృత్తానికి బయటా, చిన్న వృత్తానికి లోపలాగల బిందువుల్ని మాత్రం చేరలేదు. చేరవలసిన బిందువు వివరాలు (x, y) అటువంటి నిషిద్ధ ప్రదేశంలో ఉంటే, ఈ అవసవ్యచలన సమస్యకి సమాధానమే ఉండదు. 'సవ్యచలన సమస్యకి' θ_1 θ_2ల విలువలు తెలిసినప్పుడు x, yల విలువలు కనుక్కోవడం ఒకటికంటె ఎక్కువ సమాధానాలుండడమూ; ఒక్కొక్కప్పుడు సమాధానమే లేకపోవడమూ, 32, 33వ బొమ్మలు స్పష్టం చేస్తాయి.

ఇదే విషయం ఈ క్రింది బీజగణిత సమీకరణం కూడా తెలియ చేస్తుంది. $y = x^2$ అనే సమీకరణాన్ని పరిశీలించండి. x యొక్క విలువనుబట్టి y విలువ నిర్ధారిత మౌతుందని ఈ సమీకరణం తెలియచేస్తుంది. x విలువ 2 అనుకుందాం. అప్పుడు, y విలువ ఖచ్చితంగా 4 అయితీరుతుంది. దీనికి మరో సమాధానం లేదు. కాని, y విలువ 4 అనుకుందాం. అప్పుడు పై సమీకరణం నిజమవాలంటే, x విలువ +2 కావచ్చు; లేదా - 2 కూడా కావచ్చు. y విలువ - 9 అనుకోండి. అప్పుడు x విలువ ఎంత? దీనికి సమాధానం లేదు.

'ఒక సమతలంలో రెండు ఐచ్ఛిక చలనాలు'గల మేనిప్యులేటరు విషయంలోనే ఇన్ని సమస్యలు ఉత్పన్నమైతే, పొడుగూ, వెడల్పూ ఎత్తూగల ఒక స్థలంలోని బిందువుని చేరేందుకు 6 ఐచ్ఛిక చలనాలుగల రోబోటు విషయంలో ఎన్ని సమస్యలు తలఎత్తుతాయో మీరే ఊహించవచ్చు.

ఒకే సమతలంలో రెండు ఐచ్ఛిక చలనాలుగల మేనిప్యులేటరు లింకుల కోణాలు (θ_1, θ_2) తెలిస్తే, దాని ఎండ్ఎఫెక్టరు ఒక నిర్ణీత బిందువుని (x, y) చేరేందుకు వాటిని కదిపే మోటార్లు ఎంత బలం ఉపయోగించాలి? అనేది ఆ లింకుల ద్రవ్యమూ, స్థబ్ధతా మొదలైన అంశాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇవ్వన్నీ సరిగా తెలిసినపుడే ఎండ్ఎఫెక్టరు (x, y) బిందువుని సరిగా చేరగల్గుతుంది.

6

ఉపసంహారము

1959-60 సంవత్సరాల్లో, అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాల్లో మొట్టమొదటి పారిశ్రామిక రోబోటు నిర్మించబడింది. కాని, దాన్ని బాగా అభివృద్ధిపరచి, పారిశ్రామికావసరాలకి తగినట్లుగా తయారు చేసేందుకు మరో 20 సంవత్సరాలు పట్టింది. నెమ్మది నెమ్మదిగా, ఈ రోబోట్ల వాడకం వివిధ యూరోపు దేశాలకీ, జపానుకీ కూడా పాకింది. పారిశ్రామిక రోబోటు మొట్టమొదటగా అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలలోనే అవతరణ చెందినా, ఈనాడు వీటి ఉపయోగంలో జపానే అగ్రగామిగా ఉంది.

ఈ పారిశ్రామిక రోబోట్లలో అధికభాగం మోటారుకారు పరిశ్రమలో, తత్రాపీ, వెల్డింగు స్ప్రే పెంయింటింగ్ కార్యాలకి, ఉపయోగపడుతున్నాయి.

భారతదేశంలో రోబోట్సూ, రోబోటిక్సు విజ్ఞాన శాస్త్రాల్లో అభిరుచి 1980వ దశకంలో ప్రారంభమయింది. కొన్ని విశ్వవిద్యాలయాల్లోనూ, ఉన్నత పరిశోధనా సంస్థల్లోనూ, ఈ రంగంలో విశేషమైన కృషి మొదలయింది. కొన్ని పారిశ్రామిక సంస్థలు కూడా, వెల్డింగు, స్ప్రే పెయింటింగు, ఎలెక్ట్రానిక్ రంగాల్లో రోబోట్లనుపయోగించడంలో అభిరుచి చూపుతూవచ్చేయి.

భవిష్యత్తులో ఈ రోబోటిక్సు విజ్ఞానం బాగా అభివృద్ధి చెందే అవకాశాలున్నాయి. ప్రపంచం మొత్తం మీద పరిశీలిస్తే, ఇప్పటికే ఈ శాఖలో విశేష కృషిజరిగిందని చెప్పవచ్చు. భవిష్యత్తులో ఈ రంగంలో పరిశోధనకి ఎంతో అవసరమూ, అవకాశమూ ఉంది. అనేక విద్యాసంస్థల్లో పాఠ్యవిషయంగా రోబోటిక్సుని ప్రారంభించారు. డిగ్రీలూ ఇస్తున్నారు. పరిశ్రమలు రోబోట్ల వాడకంలో ఉత్సాహం చూపుతున్నాయి. ప్రభుత్వం కూడా ఈ రంగంలో పరిశోధనకి చాల ధనం వ్యయం చేస్తూంది.

నిర్జీవమైన యంత్రాల్లో కూడా మానవుడికున్న తెలివి తేటలూ, ఆలోచనా శక్తికలుగచేస్తే, దాన్ని "ఆర్టిఫిషియల్ ఇంటెలిజన్సు" అంటారు. రోబోటిక్సూ, ఆర్టిఫిషియల్ ఇంటెలిజన్సు శాస్త్రాల్ని అభివృద్ధిపరచి, అవి ఒకదాని కొకటి సహకరించేలా చేస్తే 'తెలివైన రోబోట్లని' తయారు చేయడం సాధ్యమౌతుంది. 'ఆర్టిఫిషియల్ ఇంటెలిజన్సు' అనగానే, 'తెలివైన యంత్రాలు' అనేమాట వెంటనే స్ఫురిస్తుంది. తెలివిగా పని చేసేయంత్రాల్ని తయారు చేయడమే ఈ రంగంలో పనిచేసే విజ్ఞానుల ధ్యేయం. మానవుడొక కార్యాన్ని చక్కగా నిర్వర్తించినపుడు 'చాల తెలివిగా పనిచేసాడు' అని మెచ్చుకుంటాం. అదే పనిని, అంత చక్కగానూ ఒక యంత్రం చేస్తే, ఆ యంత్రాన్ని "తెలివైన యంత్రం" (Intelligent Machine) అనవచ్చు. ఆకార విశేషాల్ని గుర్తుపట్టడం; మనమాటల విశ్లేషణా, సంశ్లేషణా; మనం మాట్లాడినప్పుడు మాటల్నీ, చిన్నచిన్న వాక్యాల్నీ అర్థం చేసుకోవడమూ; వేర్వేరు భాషల్ని అర్థం చేసుకోవడమూ; ఒక భాషలోని గ్రంథాలను ఇంకోభాషలోకి తర్జుమా చేయడమూ మొదలైన పనులు యంత్రాలు చేయగల్గితే, వాటిని 'తెలివైన యంత్రాలు' అనవచ్చు.

'ఆర్టిఫిషియల్ ఇంటెలిజన్సు' మీద పరిశోధనలు ఇంకా ప్రారంభ దశలోనే ఉన్నా, పైన ఉదహరించిన వేర్వేరు రంగాల్లో చెప్పుకోతగ్గ అభివృద్ధి జరిగిందనే చెప్పవచ్చు. తెలివైన రోబోట్ల తయారీలో ఈ పరిశోధనలు బాగా తోడ్పడ్డాయి.

ఎక్కువ సెన్సర్లూ, అవి సమకూర్చే వివరాల్ని తగిన విధంగా ఉపయోగించుకోగల్గే సర్క్యూట్లూ ఉన్నట్లయితే, రోబోటు ఇంకా ఎన్నోపనులు చేయగలదు.

అమెరికన్ విద్యాసంస్థల్లో రూపొందించిన రెండు రోబోట్లని గురించి తెలుసుకుందాం.

మొదటిది ఒక చోటునుండి మరోచోటుకి కదుల్తూ పనిచేస్తుంది. దానికి అనేక సెన్సర్లు అమర్చబడ్డాయి. తనంతటతానే, ఒకచోటు నుండి మరో ప్రదేశానికి వెళ్లగలదు. దార్లో ఉన్న అడ్డంకుల్ని "అల్ట్రాసోనిక్ సెన్సర్ల" సాయంతో గమనించి, తప్పుకుంటూ నడుస్తుందీ రోబోటు. దాని మోటార్లు తిరిగడానికీ, రోబోటు చేసే ఇతర పనులకీ అవసరమైన శక్తి రోబోటు శరీరంలో ఉన్న బ్యాటరీ (మోటారు కారు బ్యాటరీ వంటిది) సమకూరుస్తుంది.

ఏ బ్యాటరీ అయినా నిరంతరం పని చేయలేదు కదా? ఈ బ్యాటరీ చాలవరకూ 'డిస్‌ఛార్జి' అయినపుడు ఆ విషయం సెన్సర్ల ద్వారా రోబోటు గ్రహిస్తుంది. వెంటనే అది తాను చేస్తున్నపని ఆపేసి బ్యాటరీ 'రీఛార్జింగ్' చేసే ప్రయత్నాలు ప్రారంభిస్తుంది. తన తలమీద అమర్చబడ్డ టీవీ కెమెరా సహాయంతో తనకి దగ్గరగా ఉన్న 'ఎలెక్ట్రిక్ సోకేట్' కోసం వెదకుతుంది. దానికోసం తనకి దగ్గరగా ఉన్న గోడదగ్గరకు చేరి, ఆ గోడ వెంబడే ప్రయాణం చేస్తూ, ఎలెక్ట్రిక్ సోకేట్ కన్పించగానే దాని దగ్గర ఆగిపోతుంది. తన దేహంలోంచి ఒక ప్లగ్గు బయటకు తీసి, దాన్ని ఆ సోకెట్టులో గుచ్చుతుంది. స్విచ్ వేస్తుంది. దీనితో బ్యాటరీ పూర్తిగా ఛార్జింగు అయేదాకా అక్కడే నిలబడుతుంది. ఈ రోబోటు, ఛార్జింగ్ పూర్తికాగానే (ఇదీ సెన్సర్ల ద్వారానే గ్రహిస్తుంది) స్విచ్ ఆఫ్ చేసి, ప్లగ్గు సోకెట్‌లోంచి తీసివేసి, మళ్లీ తన దేహంలోపల భద్రపరుస్తుంది. బ్యాటరీ ఛార్జింగ్‌కోసం తాను చేస్తూన్న పనిని మధ్యలోనే ఆపేసింది కదా? రోబోటు తిరిగి ఆ స్థలానికి వెళ్లి ఆ పనిని పూర్తి చేస్తుంది. ఇదంతా కూడా మరొక అపరేటరు సహాయం లేకుండా తానే స్వంతంగా నిర్వర్తిస్తుంది.

మరొక అమెరికన్ విద్యా సంస్థలో తయారైన ఇంకో రోబోటు ఉంది. దీన్ని గురించి కూడా తెలుసుకుందాం. ఇది కూడా స్వచాలితమైన రోబోటే. ఆ విద్యాసంస్థలోని ప్రయోగశాలలో రకరకాల ఎత్తులున్న బల్లలూ, వాలు బల్లలూ (Ramps) ఉంటాయి. నేల మీద తిరుగుతున్న రోబోటుబల్ల లెక్కలేదు కదా? అందుచేత అది ఒక వాలు బల్లని బల్లదగ్గరగా చేర్చి, దానిమీద నుండి బల్లమీదకు ఎక్కగల్గుతుంది. ఒక బల్లమీద, ప్రిజం, గోళం, రెండు మూడు రకాల క్యూబులూ మొదలైన రకరకాల వస్తువులుంటాయి. వాటిలోని పెద్ద క్యూబుని ఆ రోబోటు పట్టుకొని క్రిందకు తీసుకురావాలి. కిందనుండి ఆ బల్లమీది వస్తువు లేవీ అందవు ఆ రోబోటుకి, మొదట రోబోటు వస్తువులున్న బల్లదగ్గరకు పోయి, తన సెన్సర్ల ద్వారా ఆ బల్ల ఎత్తును కనుగొంటుంది. ఆ తర్వాత, ఆ గదిలో ఉన్న వేరు వేరు వాలు బల్లల్ని పరీక్షించి, ఆ బల్లంత ఎత్తున్న వాలు బల్లని ఎన్నుకొని, దాన్ని నెమ్మదిగా తోసుకుంటూ బల్లదగ్గరకు (దాని ఎత్తు బల్ల ఎత్తుతో అనుకునేటట్లు) జరుపుతుంది. అప్పుడు ఈ వాలు బల్లమీదుగా బల్లమీద ఎక్కుతుంది. అక్కడ ఉన్న వస్తువుల్ని తన టీవీ కెమేరా ద్వారా పరిశీలించి, పెద్ద క్యూబుని పసికట్టి, దాని దగ్గరకుపోయి. తన

గ్రిప్పరుతో దాన్ని పట్టుకుంది. అది తీసుకొని, నెమ్మదిగా రేంపు (వాలుబల్ల) మీదుగా క్రిందకు దిగి ఆ క్యూబుని నిర్దిష్ట స్థలంలో ఉంచుతుంది. ఆ తర్వాత ఆ రేంపుని మళ్లీ దాని యధా స్థానంలో ఉంచి, తదుపరి ఆజ్ఞలకై వేచి ఉంటుందా రోబోటు. ఇదంతా జ్ఞానమున్న మనిషి చేసినట్లే చేస్తుంది. బల్లల ఎత్తు మారవచ్చు; బల్ల మీద ఉంచిన వస్తువులు మారవచ్చు; రోబోటుకిచ్చే ఆదేశాలు మారవచ్చు. కాని, అన్ని సందర్భాలలోనూ కూడా ఆ రోబోటు తన ఆజ్ఞల్ని చక్కగా నిర్వర్తిస్తుంది.

రోబోట్లు మానవాజ్ఞలకి వ్యతిరేకంగా తమ ఇష్టం వచ్చినట్లు ప్రవర్తించి, మానవులకు హానికల్గించ కలదా ?

ఇటువంటిది అసంభవంకాదు. హోటలులో సర్వరుగా పనిచేస్తున్న ఒక రోబోటు ఒక కష్టమరు కాఫీ తెచ్చి పెట్టమంటే, తీసుకువచ్చి, ఆ వేడి కాఫీ అతడి నెత్తిన వంచిందట! మరొకచోట ఒక రోబోటు రాయితో మనిషి తల వగులకొట్టిందట. ఇటువంటివి అప్పుడప్పుడు వింటూంటాము. అవి జరిగి ఉండనూవచ్చు. కాని, తగిన జాగ్రత్తలు తీసుకుంటే అటువంటి అ కార్యాలు జరగకుండా చూడవచ్చు. రోబోటులో అనేకవందల భాగాలుంటాయి. అవి అన్నీ తమతమ పనుల్ని సరిగా నిర్వర్తిస్తే, అంతా సవ్యంగానే జరుగుతుంది. వీటిలో ఏ ఒక్కభాగం సరిగా పనిచేయక పోయినా, రోబోటు విపరీతంగా ప్రవర్తింపవచ్చు.

రోబోటులో ఎన్నో సెన్సర్లూ, అవసరమైన స్పేరుభాగాలూ ఏర్పాటు చేస్తే, ఇటువంటి విపత్తునించి తప్పించుకోవచ్చు. అన్నిభాగాలూ సరిగా పనిచేస్తున్నాయో లేదో ఆ సెన్సర్లు నిరంతరమూ కనిపెడుతూ, ఏదైనాభాగం సరిగా పనిచేయకపోతే, వెంటనే దాన్ని తీసివేసి, దాని స్థానంలో మంచి స్పేరుని అమరుస్తాయి కాని, ఇదంతా విపరీతమైన ఖర్చుతో కూడిన పని.

ఏదో ఒకరోజున రోబోట్సు మానవుల మీదే అధికారం చలాయిస్తాయా ? మానవ మనుగడకే ప్రమాదకరంగా తయారవుతాయా ?

రోసమ్స్ యూనివెర్సల్‌రోబోట్సు (Rossum's Universal Robots) అనే పుస్తకంలో, రోబోట్సు మానవుల మీద తిరగబడి, వారిమీద అధికారం చెలాయిస్తాయని ఆ గ్రంధకర్త, కారల్ కాపెక్ సూచించాడు. ఇదే అభిప్రాయం,

అనేక సైన్సుఫిక్షన్ కథలలోనూ, సినీమాలలోనూ, టీవీ కార్యక్రమాలలోనూ, ఈ నాటికీ చూస్తూనే ఉన్నాము. ఇటువంటి ప్రమాదకరమైన రోబోట్లను తయారు చేయడం అసాధ్యం కాదు. కాని, రోబోట్లని డిజైన్ చేసి, తయారు చేసేవాడు మానవుడు; అవి ఎలా పనిచేయాలో నిర్ణయించి శిక్షణ నిచ్చేవాడూ (Programmer) మానవుడే; తనలాంటి రోబోట్లని నిర్మించే రోబోట్లని తయారు చేసేవాడూ మానవుడే. తననీ, తన జాతినీ నిర్మూలించే రోబోట్లని తయారు చేసేవాడుంటాడా? ఎవడో దుర్మార్గుడు ఇటువంటి శక్తులు సంపాదిస్తే వాటిని ఈ విధంగా దుర్వినియోగం చేయవచ్చు. అందుచేత మనం ముందే తగిన జాగ్రత్తలు తీసుకొని, ఏ రోబోటు కూడా, ఎట్టి పరిస్థితుల్లోనూ మానవులకి వ్యతిరేకంగా ప్రవర్తించకుండా ఉండే విధానా లవలంబించాలి. ప్రఖ్యాత అమెరికన్ విజ్ఞానీ, సైన్సుఫిక్షన్ రచయిత, ఇజాక్ అసిమోవ్, ఇది దృష్టిలో ఉంచుకొని మూడు రోబోటిక్ సూత్రాలని ప్రవచించాడు. ఎంత సాధారణమైన, లేక ఎంతక్లిష్టమయిన రోబోటయినా సరే, ఈ మూడు ప్రాథమిక సూత్రాలకీ కట్టుబడి ఉండేలాగే నిర్మించబడాలని సూచించాడాయన:

సూత్రం 1: రోబోటు ఏ మానవుడుకీ హానికల్గించ కూడదు; ఇంకొకరివల్ల అతడు ప్రమాదానికి గురి అవుతుంటే చూస్తూ ఊరుకోకూడదు.

సూత్రం 2: మొదటి సూత్రానికి భంగం రానంత కాలమూ, మానవాదేశాలను రోబోటు తప్పక శిరసావహించాలి.

సూత్రం 3: మొదటి రెండు సూత్రాలకూ భంగం వాటిల్ల నంతకాలమూ, రోబోటు తన ఆత్మరక్షణ చేసుకోవాలి.

Printed at Impress Offset E-17, Sector 7, NOIDA